This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

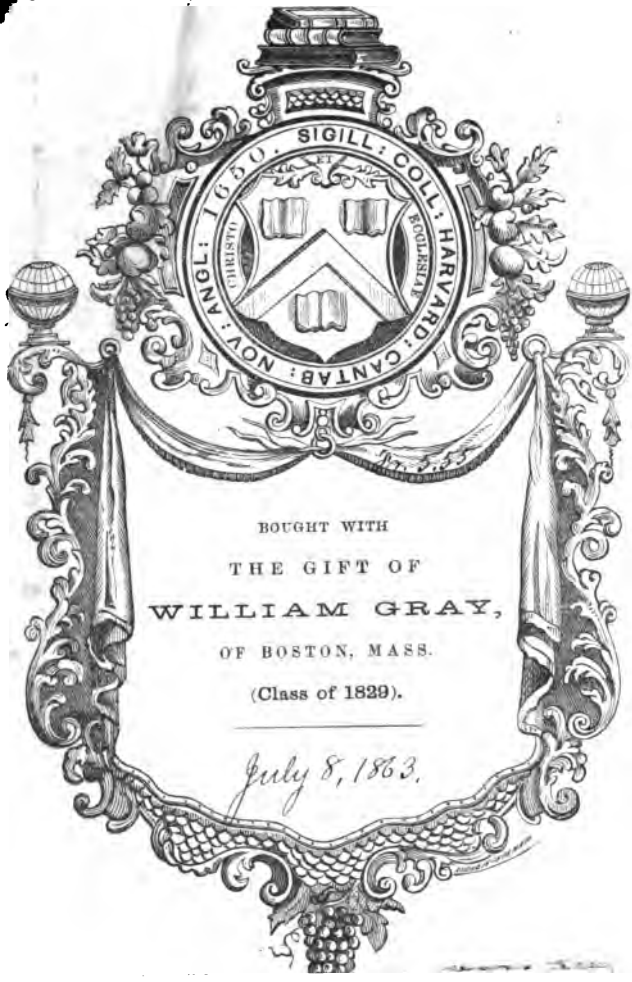
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Chem 7888.61



BOUGHT WITH
THE GIFT OF
WILLIAM GRAY,
OF BOSTON, MASS.
(Class of 1829).

July 8, 1863.

CENTER LIBRARY

DE LA BIÈRE

TRAVAUX DU MÊME AUTEUR

Leerboek voor Scheikundige Werktuigkunde. I en II deel (*Traité de mécanique chimique*). Rotterdam, 1832-1835. Grand in-8.

Scheikundig onderzoek van koper tot dubbeling der Schepen gebruikt (*Analyse chimique du cuivre employé au doublage des navires*). Amsterdam, 1836. In-4.

Scheikundig onderzoek van Chinesche en Java-Thee (*Recherches chimiques sur le Thé de Chine et de Java*). Rotterdam, 1836. Grand in-8.

Over de waarde der natuurkundige Wetenschappen voor de geneeskunde. Uitgesproken by de opening der scheikundige lessen aan de Utrechtsche Hoogeschool (*Sur l'importance des sciences naturelles en médecine*). Rotterdam, 1842. In-8.

Traduit en allemand. Heidelberg, 1844. In-8.

Scheikundige onderzoekingen, gedaan in het laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool (*Recherches chimiques faites au laboratoire de l'université d'Utrecht*). 6 vol. Rotterdam, 1845-1852. In-8.

Traduit partiellement en allemand. Francfort-sur-le-Mein. 1847-1848. 3 cahiers in-8.

Proeve eener algemeene physiologische scheikunde (*Essai d'une chimie physiologique générale*). Rotterdam, 1843-1850. 1 vol. avec pl. color. grand in-8.

Traduit en allemand. Heidelberg, 1844-1847. 8 livraisons. Braunschweig. 1844-51. 14 livraisons avec 8 pl. color. et 12 pl. noires. Traduit en anglais. Londres, 1849. In-8.

De wijn scheikundig beschouwd (*Du vin au point de vue chimique*). Rotterdam, 1855. 1 vol. in-8°.

Traduit en allemand. Leipzig, 1856. Traduit en anglais. Londres, 1857.

De essayer methode van het zilver scheikundig onderzocht. Rotterdam, 1857 (*La manière d'essayer l'argent, examinée au point de vue chimique*). 1 vol. in-8°. Traduit en allemand. Leipzig, 1859.

De scheikunde der bouwbare aarde (*La Chimie de la terre arable*). Rotterdam, 1860. 4 vol. Traduit en allemand.

Corbeil, typogr. et stér. de Crété.

DE LA BIÈRE

SA COMPOSITION CHIMIQUE, SA FABRICATION,

SON EMPLOI COMME BOISSON

PAR

J. MULDER

IMIE A L'UNIVERSITÉ D'UTRECHT,

u hollandais

RS DE L'AUTEUR

RE

Ancien préparateur de chimie au ... oire naturelle de Paris.

PARIS

J. B. BAILLIÈRE ET FILS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE

Rue Hautefeuille, 19.

LONDRES | NEW-YORK

HIP. BAILLIÈRE, REGENT-STREET, 219 | BAILLIÈRE BROTHERS, BROADWAY, 440

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1861

Droits de reproduction et de traduction réservés.

Chem 7888.41

1863, July 8.
F. S. Sc,
Gray Fund.

PRÉFACE DE L'AUTEUR

POUR L'ÉDITION FRANÇAISE.

Je prie Monsieur Augustin Delondre d'accepter mes sincères remercîments pour les soins qu'il a bien voulu donner à la publication de la chimie de la bière. Il ne s'est pas réduit au simple rôle de traducteur. Profitant des progrès incessants de la science, il a, dans des notes, signalé les faits nouveaux : la plus importante de ces additions est le travail *Sur la composition du malt comparée à celle de l'orge crue et des résidus des trempes*, du professeur Stein (de Dresde) qui a refait les expériences de M. Oudemans, consignées dans mon livre; il l'a fait suivre d'une réponse inédite de M. Oudemans. Enfin, il a rédigé un appendice

où il étudie successivement la bière au point de vue économique, physiologique, hygiénique et médical.

Son concours intelligent et devoué contribuera, j'en suis sûr, à faire mieux accueillir mon livre.

MULDER.

Utrecht, juin 1861.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES ALLEMANDS.

Balling. Die Gährung's-Chemie. Deuxième édition, Prague, 1854.

P. Müller. Handbuch der Bierbrauer. Braunschweig. 1854.

Habich. Taschenbuch der Chemie des Bieres. Leipzig. 1858.

Heiss (Ph.). Die Bierbrauerei mit besonderer Berücksichtigung der Dickmaischbrauerei, nebst einem Anhange enthaltend die im Braubetriebe gebraülichen Rohstoffe und deren Verwendung, sowie über neue Braumethoden und Essigfabrikation. Troisième édition. In-8, XVIII-442 p. et 21 pl. lithogr. Augsbourg, 1860.

Schmidt (Christian-Heinrich). Grundsätze der Bierbrauerei nach den neuesten technisch-chemischen Entdeckungen, oder die Kunst, an allen Orten ein wohlschmeckendes, gesundes und haltbares Bier zu brauen, und Brauhäuser mit Keimtennen, Malzdarren und Kellern zweckmässig anzulegen und einzurichten. Mit besonderer Berücksichtigung der bayerischen Brauerei, etc. Troisième édition augmentée. Weimar, 1860.

Siemens. In dem Supplemente von Prechtl's Encyclopädie, von Karmarsch. T. I, p. 393.

OUVRAGES ANGLAIS.

D. Thomson. Supplement to the Encyclopædia britannica. Art. Brewing and Malting. 1817.

D. Thomson. Report on malting, etc., ordered by the House of commons to be printed (In conjunction with doctors Hope and Coventry.)

Levesque. Art of brewing and fermenting. London, 1847.

Black. Practical Treatise on brewing, based on chemical and economical principles ; with formula for publics brewers, and instructions for private families. London.

Sheridan Muspratt. Chemistry theoretical, practical and analytical as applied and relating to the arts and manu-

factures. T. I, art. Beer. (Traduit en l'allemand. Braunschweig, 1856.)

J. Pitt. How to brew good bier. London. 1859.

OUVRAGES BELGES.

Dr. Wauters. Dissertation sur la manière de faire l'uytzet et sur sa salubrité, comparée avec celle des autres bières. Gand, 1798.

Lacambre. Traité complet de la fabrication des bières et de la distillation des grains. Nouvelle édition. Bruxelles, 1856.

OUVRAGES FRANÇAIS.

Sigismond Kolb. Art du brasseur. Paris, 1832.

Rohart. Traité théorique et pratique de la fabrication des bières. Paris, 1848.

Payen, Chevallier et Chappelet. Art du brasseur. Paris, 1844.

Payen. Précis de chimie industrielle. Quatrième édition, 1859. T. II, p. 289.

J. Girardin. Leçons de chimie élémentaire. Quatrième édition, 1861. T. II, p. 345.

OUVRAGE ITALIEN.

Michel Buniva. Lezzioni, Leçons sur les boissons dont l'homme fait usage et en particulier de la bière. Turin, 1832.

OUVRAGES TRAITANT DE LA BIÈRE AU POINT DE VUE HISTORIQUE.

S. Morewood. A philosophical and statistical history of the inventions and costums of ancient and modern nations in the manufacture and use of inebriating liquors. Dublin, 1838.

— A dissertation concerning the origin and antiquity of barley-wine. Oxford, 1750.

J. H. Meibom. De cerevisiis, potibusque et ebriaminibus extra vinum aliis commentarius. Accedit A. Turnebi Libellus de vino. Helmstadt, 1668.

S. A. Mizler. De veterum Celtarum celia et zytho ad illustrandum Flori locum, 1695.

DE LA BIÈRE

GÉNÉRALITÉS.

La bière est une boisson que l'on obtient en traitant par l'eau des grains qui ont subi par la germination un certain degré de transformation et en faisant fermenter le liquide ainsi obtenu : elle est donc plus ou moins alcoolique.

C'est à juste titre que la bière est fort appréciée ; en effet, elle réunit des propriétés bien déterminées qui ne se trouvent réunies dans aucune autre boisson. C'est une boisson ; de là, son nom de *bière* (de *bibere*) ; cette boisson contient les parties constituantes des grains, ou bien des substances qui proviennent de la décomposition des premières (sucre, dextrine, matières albumineuses), et, par ce motif, elle est nutritive. Par suite de la présence de l'alcool, elle est excitante : c'est du reste parce qu'elle est fabriquée au moyen des grains et parce qu'elle est fortifiante qu'on l'appelait autrefois *cervoise* (*cerevisia*, de *ceres* et de *vis*). En outre, nous rencontrons dans cette boisson l'acide carbonique si rafraîchissant qui communique à notre eau potable ordinaire une saveur fraîche et auquel beaucoup d'eaux minérales doivent leur haute valeur (1) ; cet acide carbonique qui exerce sur l'estomac une action excessivement salutaire. De plus, on rencontre encore

(1) C'est pour cela que Proust (*Annales de chimie et de physique*, 2e série t. V, p. 337) voulait donner de la bière étendue d'eau aux malades qui ne pouvaient faire les frais nécessaires pour se procurer aucune eau minérale. Dans ce Mémoire, Proust ne paraît du reste pas être favorable à l'eau d'orge. Cependant, en Hollande, c'est à peine s'il existe une maladie dans laquelle on n'en prescrive pas l'usage.

dans la bière les matières amères du houblon qui sont si bonnes pour l'estomac, et enfin, pour ne plus insister que sur un seul point, nous y trouvons aussi une certaine quantité de phosphates et d'autres sels solubles dont l'introduction abondante dans l'organisme est d'autant plus nécessaire qu'ils sont expulsés journellement de notre corps en quantité considérable.

On peut donc, incontestablement, dire que l'on trouve réunies dans la bière toutes les parties constituantes que l'on rencontre séparées les unes des autres dans les eaux minérales qui contiennent de l'acide carbonique, dans le vin et dans le pain.

La bière peut être préparée avec d'autres semences que les grains (semences des graminées), et même avec beaucoup de substances autres que des semences : mais à mesure que l'on emploie pour sa préparation d'autres substances conjointement avec le grain ou en remplacement du grain, elle perd de plus en plus le caractère de bière.

On peut s'attendre en premier lieu à trouver dans la bière, une boisson alcoolique produite par fermentation et préparée par suite au moyen d'un liquide sucré (le sucre provenant de la transformation de l'amidon) ; mais la bière contient en outre essentiellement des parties constituantes solides qui proviennent des semences des plantes, et surtout des grains, et qui se sont dissoutes pendant les opérations qui ont été exécutées dans le but de préparer la bière.

On s'attend en outre à trouver dans la bière une boisson qui soit à la fois nourrissante et rafraîchissante, et il est positif qu'elle possède la première propriété au plus haut degré.

Parmi les parties constituantes nutritives de la bière, nous rangeons sans hésiter les substances inorganiques comme le phosphate de chaux, le phosphate de magnésie et le phosphate de potasse, ainsi que d'autres combinaisons salines qui, dans la préparation de la bière, se dissolvent : c'est par suite de la présence d'une certaine quantité d'acide organique libre dans la dissolution que les phosphates se dissolvent. Celui qui doute de l'utilité de ces combinaisons salines, méconnaît la valeur de la plupart des eaux minérales : bien plus, il méconnaît l'importance des phosphates pour l'organisme.

Parmi les parties constituantes nutritives, viennent se ran-

ger en outre les matières albumineuses solubles dont il existe une certaine quantité dans la bière, bien qu'une grande partie des matières albumineuses du grain se soient séparées pendant le brassage, la cuisson et la fermentation.

Nous devons encore citer ici la dextrine et le sucre, substances qui ne font non plus jamais défaut dans la bière. C'est à la première que la bière doit sa propriété de former un liquide épais, et à la seconde qu'elle doit sa saveur douce.

Enfin, on trouve aussi dans la bière une certaine quantité d'alcool qui a été produite par la fermentation, et il existe en outre dans toutes les bières, tant celles qui moussent que celles qui ne moussent pas, une quantité plus ou moins grande d'acide carbonique. Ces deux dernières substances sont les causes de la saveur fraîche et de la propriété excitante de la bière.

On peut très-facilement préparer de la bière au moyen du froment, de l'orge ou des autres espèces de grains en les épuisant par l'eau et en faisant bouillir le tout ; mais les bières ainsi préparées ne se conservent pas toutes également bien.

Il existe une boisson russe, connue sous le nom de Kivas, que l'on prépare au moyen de 1 partie de malt de seigle récemment préparé, et de 9 parties de farine de seigle, en mélangeant le tout avec de l'eau de manière à former une masse pâteuse et en laissant ensuite reposer pendant plusieurs jours dans un endroit chaud : la masse prend ainsi une saveur douce. On la traite alors par l'eau froide et on ajoute du ferment à la liqueur claire, sans faire bouillir. Après que la liqueur a fermenté, elle est bonne à être employée comme boisson (1).

La connaissance du kivas a pour nous de l'importance en ce qu'elle nous montre que, même à la température ordinaire, les matières albumineuses du malt de seigle sont susceptibles de transformer en sucre l'amidon de la farine de seigle et qu'il n'y a pas besoin pour cela d'une température de 60° à 75°. La consistance pâteuse de la masse qui empêche l'accès de l'air, est indubitablement la cause qui s'oppose à ce qu'elle devienne acide. — En outre, nous avons ici la preuve qu'un liquide qui a pris naissance en traitant par

(1) Berzelius, *Lehrbuch*, 1839, t. VIII, p. 110.

l'eau un mélange de malt et de grain, peut être potable sans avoir été soumis à l'ébullition et peut se conserver sans qu'on y ait ajouté du houblon. Sans contredit, cette boisson ne pourrait pas se conserver très-longtemps : mais, pour apprécier la valeur des méthodes que l'on suit généralement pour la préparation de la bière, il est incontestable que la préparation du kivas a de l'importance. En effet, à côté du kivas, viennent se ranger quelques bières douces que l'on prépare dans différentes parties de la Belgique et qui doivent être consommées promptement : en effet, elles ne peuvent pas se conserver plus de huit jours. On les prépare avec de l'orge, de l'avoine, du seigle, du froment et du sarrasin que l'on traite par de l'eau chaude, sans addition de malt, et qu'on laisse fermenter sans ajouter de ferment. Dans la préparation de ces bières, on n'emploie pas non plus de houblon.

Les bières belges sont importantes à considérer au point de vue de l'ensemble de la théorie de la fabrication de la bière et au point de vue de la connaissance des réactions chimiques qui se produisent dans cette fabrication. Pour préparer ces bières, l'on n'emploie pas de malt, de grain germé : cependant, ainsi que nous le verrons plus tard, le malt est une partie constituante essentielle qui joue un rôle tout spécial dans la production de la substance appelée Diastase : une circonstance importante à remarquer, c'est que, dans la préparation de ces bières, on n'emploie non plus, ni ferment, ni houblon.

Il n'est pas question d'examiner si ces bières possèdent des propriétés tout autres : mais il est important de faire remarquer que la préparation de ces bières ne nécessite aucune autre opération que de traiter la farine par de l'eau chaude et de maintenir la liqueur à une température relativement peu élevée.

Comme il n'existe pas de sucre tout formé dans le grain et comme les substances albumineuses n'y sont pas à l'état le plus convenable pour pouvoir produire rapidement la fermentation, ce sont là deux raisons plausibles du traitement préliminaire que les grains doivent subir avant de servir à la fabrication proprement dite de la bière. — On peut bien, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, en traitant de la farine de grain par l'eau, obtenir directement de la dextrine et du sucre ;

mais la réaction qui se produit ainsi, est incomplète et n'a lieu que lentement : les moyens artificiels peuvent ici venir en aide, et, dans la méthode que l'on suit presque généralement, on ne se fait pas faute de les employer.

Le grain doit donc, avant de servir à la préparation de la bière, subir un certain degré de modification. On appelle *maltage* l'opération par suite de laquelle le grain est ainsi modifié, et *malt* le grain qui a été soumis à cette opération.

Pour transformer le grain en malt, on l'humecte et on le porte dans un endroit d'une température aussi uniforme que possible. Il germe rapidement, et, lorsque la germination est arrivée à un certain degré, on le dessèche, soit au moyen d'un courant d'air, soit artificiellement, en le soumettant à l'action de la chaleur. Par la germination, l'amidon est transformé partiellement en dextrine et en sucre, et les matières albumineuses du grain sont modifiées de telle sorte qu'il se produit d'abord un premier, puis un second agent, qui déterminent des actions chimiques de manière à amener enfin la production de la bière avec toutes les propriétés caractéristiques que nous lui connaissons. Ces deux agents sont, ainsi qu'on le sait très-bien, la *diastase* et la *levûre*; la diastase se produit pendant l'acte de la germination aux dépens des substances albumineuses du grain. Du reste, cette transformation ne s'opère jamais d'une manière complète, mais une fois qu'elle a commencé à se produire, elle s'étend peu à peu jusqu'à un certain degré et donne ainsi naissance à la première phase des phénomènes qui doivent déterminer la production de la bière. Le second agent de la fermentation, la levûre, se produit plus tard.

On moud le malt et on le fait digérer pendant quelque temps avec de l'eau chaude, ce qui accélère la production de la dextrine et du sucre. On fait bouillir cette infusion de malt avec du houblon. On fait refroidir la liqueur et on la soumet à la fermentation.

La liqueur fermentée est la bière.

La variété presque illimitée des bières que l'on prépare actuellement, peut trouver sa raison d'être dans chacune des opérations que l'on doit faire subir au grain pour pouvoir obtenir cette boisson fermentée. Les propriétés naturelles du grain ne sont pas la seule cause de cette différence. Avec une seule et

même espèce d'orge que l'on emploie la plupart du temps exclusivement à la préparation de la bière, on obtient une grande différence dans la qualité du produit. Il n'existe souvent, dans les circonstances extérieures, que de petites différences dont on peut à peine tenir compte ; et ce serait certainement s'éloigner de la vérité que d'attribuer à de petites influences accessoires toutes ces différences que peut présenter une bière par rapport à une autre.

Personne n'a plus insisté sur la cause secrète de ces différences dans la qualité de la bière que ne l'a fait Vrancken, qui revient de nouveau à tout propos sur les influences locales : il indique des exemples de changements de l'eau et des autres matières premières, et même de tout le personnel d'une brasserie, sans que, pour cela, on ait pu obtenir une autre bière. « Qu'est-ce donc? peut-on demander. A cette question, je réponds : C'est le lieu, c'est tout simplement la localité, c'est la position de la ville ou du village, ce sont des remparts, de grands bâtiments, les directions des rues, des courants d'air particuliers, et autres causes analogues, qui constituent la localité d'un lieu, et l'influence de cette localité fait que la bière qu'on brasse dans ce lieu est une bière générale ou une bière particulière (1). »

En réalité, c'est une manière commode de se dispenser de faire des recherches; et rien de plus. Vrancken va même encore plus loin : « Que peut-on conclure de toutes ces tentatives infructueuses » (pour reproduire une bière d'une localité déterminée), « si ce n'est que l'eau, les ingrédients, les ustensiles et les procédés n'influent en rien sur le caractère particulier des bières, et que l'effet dépend entièrement de la localité du lieu (2) ? »

Il est à peine besoin de dire que la science est venue apporter de la lumière sur ces questions et qu'elle doit continuer à élucider les points qui sont restés encore obscurs : la quantité de grains employée, la nature et la quantité de l'eau dont on s'est servi, le mode de germination du grain, de dessiccation ou de torréfaction du malt, d'épuisement du malt, d'ébullition de la liqueur, etc., la manière dont le houblon y a été intro-

(1) *Nieuwe Verhandelingen van het Bataafsch Genootschap*, deel VII, p. 169.
(2) *Loc. cit.*, p. 171.

duit et la quantité que l'on en a ajoutée, en outre le mode de refroidissement, la fermentation, en un mot toutes les opérations que nécessite la préparation de la bière, peuvent être les causes déterminantes qui donnent à une bière le caractère spécial que l'on désire lui donner. — Dans des localités où, l'on opère d'après des règles fixes, on obtient une bière qui, non-seulement, répond au goût des consommateurs, mais que l'on peut souvent reproduire dans d'autres endroits, lorsqu'un chef intelligent est à la tête de l'établissement.

Nous ne voulons cependant pas prétendre ici que l'influence des causes locales doit être considérée comme entièrement nulle. Au contraire, ces influences locales existent : mais leur action doit être éclaircie autant que possible. Si, par exemple, l'endroit où s'opère le maltage a subi des modifications, si sa température était maintenue constante par de grandes constructions situées à proximité et si, par la démolition de ces constructions, elle est devenue sujette à de grands changements de température, on attribue à juste titre avec Vrancken à cette cause une influence sur la localité et sur la préparation de la bière. Peut-être est-ce à une cause de ce genre que l'on doit rapporter ce qui est arrivé à la Petermann et aux autres bières de Louvain dont Vrancken dit que la suppression de couvents et de fortifications avait modifié le goût; mais il donne au fait une signification générale contre laquelle on doit protester. — De même, une brasserie dans laquelle les localités destinées à la fermentation ou à la conservation de la bière, ont subi une modification quelconque, peut donner une bière de moins bonne qualité ou de meilleure qualité. Si, par la modification apportée, les localités sont devenues d'une température moins constante, la bière devient moins bonne. Si la bière a gagné en qualité, cela vient de ce que, par le changement qu'elles ont subi, les localités ont pu devenir d'une température plus uniforme.

Il n'y a ici aucune raison d'admettre des esprits, bien que l'on ne soit pas encore en état de remonter à la cause de tous les phénomènes exceptionnels que l'on rencontre dans la fabrication des bières dites locales.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA COMPOSITION DES DIFFÉRENTES SORTES DE GRAINS EMPLOYÉS A LA PRÉPARATION DE LA BIÈRE.

Si l'on voulait s'occuper des diverses semences au moyen desquelles on peut préparer de la bière, ce n'est qu'avec difficulté que l'on pourrait en fixer le nombre. Toutes les substances qui contiennent de l'amidon, peuvent fournir de la dextrine et du sucre. Ce sucre peut fermenter : on peut donc préparer de la bière avec toutes les substances qui contiennent de l'amidon. Il n'y a pas de motif pour que l'on ne puisse pas également bien employer à cette préparation les pois et les haricots. Le riz peut très-bien servir à la préparation de la bière : il en est de même du sarrasin et du seigle. Dans les pays où le maïs est cultivé en abondance, on s'en sert quelquefois pour la préparation de la bière ; dans d'autres endroits, on emploie du seigle : en Angleterre, on emploie quelquefois de l'avoine. Mais les espèces de grains les plus en usage sont l'orge et le froment : c'est par cette raison que nous nous bornerons surtout à l'examen de la composition de ces deux sortes de grains.

Le froment donne une bonne bière, surtout lorsqu'il est mélangé avec l'orge ; mais le prix du froment est comparativement trop élevé pour que l'on puisse l'employer de préférence à la fabrication de la bière.

La bière de seigle est difficile à obtenir claire, et elle a, par suite, beaucoup de tendance à devenir acide : en outre, elle possède l'odeur et la saveur du pain de seigle.

La bière d'avoine est également trouble et, comme la bière de seigle, elle est exposée à devenir acide.

Dans la préparation de quelques bières blanches de Belgique, on emploie de l'avoine, et, suivant Vrancken (1), on l'emploie même en quantité considérable. Le froment est un ingrédient qui ne fait jamais défaut dans la préparation d'un

(1) *Loc. cit.*, p. 150.

grand nombre de bonnes espèces de bières, surtout en Belgique. Pour la préparation des bières de qualité inférieure, on emploie en Belgique le sarrasin à la place de froment; dans d'autres endroits, on emploie l'épeautre.

Le maïs et le riz donnent des bières très-agréables. En Hollande, il n'y a pas lieu de s'en occuper. En outre, il existe dans les bières faites avec le maïs et avec le riz une quantité bien moindre de ces phosphates que l'on trouve dans les bières préparées avec l'orge et que nous considérons comme des parties constituantes essentielles de la bière. Le grain est un des ingrédients principaux nécessaires à la préparation de la bière. On peut bien, sans employer aucune espèce de grain, préparer une boisson agréable, plus agréable même que la bière : mais on ne doit plus désigner cette boisson sous le nom de bière.

On a toujours pensé à employer dans la préparation de la bière une matière qui soit d'un prix moins élevé que le grain, et on devait nécessairement employer dans ce but les pommes de terre. Dœbereiner, entre autres, s'est beaucoup occupé de ce sujet (1).

Suivant ce chimiste, on a besoin seulement de transformer au moyen de la diastase la fécule de pommes de terre en dextrine et en sucre, de faire bouillir avec du houblon la liqueur qui en résulte et d'en déterminer la fermentation au moyen d'un ferment. On prétend obtenir de cette manière une bière qui peut être comparée aux meilleures ales anglaises.

En présence des travaux des chimistes sur ce sujet, on a lieu d'être étonné que la saveur et les autres propriétés appréciables par les sens soient seules employées comme caractères spécifiques et que l'on ait entièrement laissé de côté la composition chimique. La fécule de pommes de terre peut assurément se transformer en dextrine et en sucre : cette dextrine et ce sucre peuvent, lorsqu'on les traite par l'eau, donner une dissolution que l'on peut faire bouillir avec du houblon : le sucre pouvant fermenter, on peut obtenir ainsi une liqueur qui, outre les parties constituantes du houblon, contienne de l'alcool et de l'acide carbonique, et en outre du sucre, de la dextrine et de l'eau, mais rien de plus. Les matières

(1) *Aeltere und neuere Erfahrungen*, Iena.

albumineuses que contient la bière préparée avec du grain, ne s'y trouvent pas, non plus que les sels et les autres substances qui font de la bière un aliment d'une grande valeur.

S'il s'agissait seulement de préparer une boisson rafraîchissante, d'une saveur agréable, il n'y a pas de doute que l'on pourrait obtenir au moyen de la fécule de pommes de terre une boisson de ce genre qui, pour beaucoup de personnes, présenterait même probablement une saveur plus agréable que le plus grand nombre des bières. Mais on ne doit pas plus donner le nom de bière à cette liqueur que l'on ne doit appeler vin le jus de groseilles que l'on a fait fermenter.

Au point de vue physiologique, on ne doit donc pas confondre avec la bière toutes les boissons fermentées qui sont préparées, non avec du grain, mais avec d'autres substances qui contiennent de l'amidon. Cependant, au point de vue économique, on peut approuver l'emploi des autres substances qui contiennent de l'amidon (et surtout des pommes de terre). Si, dans la bière ainsi préparée, les principes nutritifs manquent, on peut remédier à cet inconvénient par l'usage du grain. Il est positif (et nous le prouverons d'une manière bien nette dans l'examen qui va suivre) que, dans la préparation de la bière au moyen d'une substance quelconque qui contient de l'amidon, il ne se produit aucune substance nutritive particulière que l'on ne puisse obtenir également bien au moyen de toute autre substance qui contient de l'amidon, et par conséquent au moyen des pommes de terre ou du riz, et que les principes nutritifs qui font défaut peuvent très-bien être suppléés par l'usage de la farine de grains soumise à la cuisson.

En ce qui concerne la préparation de la bière en particulier, nous avons cependant à prendre en considération les différentes espèces de grains et nous devons étudier avec exactitude leur composition, d'une part, pour nous rendre compte des décompositions qu'ils éprouvent pendant les opérations successives à l'aide desquelles on arrive à la préparation de la bière et, d'autre part, pour déduire des parties constituantes mêmes du grain quelles sont celles que la bière doit contenir.

On a fait des recherches analytiques sur la composition des grains : mais c'est seulement dans les dernières années que

l'on a fait des analyses comparées des grains et des malts que l'on prépare au moyen de ces grains, ainsi que des résidus que laissent ces malts lorsqu'ils ont été épuisés par l'eau, telles que nous en avons besoin pour arriver à la connaissance de la préparation de la bière, et encore ces analyses sont en petit nombre, en sorte que nous manquons sous ce rapport des connaissances nécessaires. C'est par ce motif que j'ai engagé M. Oudemans à faire ces analyses dont il s'est occupé avec empressement. Non-seulement, il a fait l'analyse de l'orge, du froment, du seigle et de l'avoine (j'ai cru, dans mes recherches sur la bière, pouvoir me borner à l'étude de ces quatre espèces de grains), mais il a fait aussi l'analyse des différentes espèces de malts qui correspondent à chacun d'eux, l'analyse du malt d'orge à différents degrés de dessiccation, et enfin l'analyse des résidus du brassage de ces grains, de la matière appelée *drêche*, (en allemand *treber*, en anglais *grains*, en hollandais *draf*). Nous sommes donc redevables à M. Oudemans des résultats de toutes ces analyses.

J'indiquerai ici en peu de mots les méthodes qu'il a suivies dans ces analyses.

Les analyses des différentes sortes de grains et de malt, ainsi que celles des drêches correspondantes, ont toutes été faites par la même méthode. Dans tous les cas, les enveloppes des grains ont été comprises dans l'analyse, ainsi que, du reste, il était convenable de le faire. Les résultats trouvés pour la composition des différentes espèces de grains ne doivent par conséquent pas être considérés comme s'appliquant à la farine blutée, mais à la totalité du grain préalablement moulu très-fin.

La dessiccation du grain a été effectuée à une température de 140°. A cette température, le grain perd toute son eau en trois ou quatre heures.

Pour séparer la matière grasse, on a épuisé par l'éther le grain préalablement desséché, puis moulu ; on a évaporé l'éther et on a pesé le résidu.

L'extrait alcoolique a été obtenu en traitant par l'alcool absolu le grain préalablement desséché et moulu : on a évaporé jusqu'à siccité et on a traité le résidu par l'éther pour séparer la matière grasse. Le résidu qui restait ensuite a été desséché à 120°, puis pesé.

La quantité d'azote a été déterminée par le procédé de Will et Varrentrapp.

La détermination des matières cellulaires mérite une mention spéciale. Oudemans a évité dans cette détermination les erreurs que présentent toutes les autres méthodes, et surtout le traitement par les acides avec l'aide de la chaleur, par la méthode de Millon et de Péligot, au moyen duquel une portion plus ou moins grande des matières cellulaires peut être transformée en dextrine ou en sucre ; en sorte que la quantité de matières cellulaires que l'on obtient, est alors trop petite dans la même proportion.

On fait digérer pendant deux heures à une température de 70° un poids déterminé de grains bien moulus avec une infusion de malt bien claire. De cette manière, tout l'amidon se dissout. On reprend ensuite le résidu par une dissolution étendue de potasse. Après la digestion avec l'infusion de malt, on traite successivement le résidu par la dissolution étendue de potasse, par l'eau chaude, par l'acide acétique étendu, par l'éther, par l'alcool et par l'eau, et enfin on fait dessécher le résidu à 120°.

La quantité de matières cellulaires obtenue par cette méthode est bien plus forte que ne l'a trouvé Péligot, par exemple (1). Il restait encore à déterminer si, au moyen de l'infusion de malt et de la potasse, tout l'amidon et toutes les matières albumineuses devenaient solubles aussi bien qu'au moyen de la potasse seule. Oudemans s'est occupé de cette détermination. Il s'est spécialement assuré de l'absence de l'amidon au moyen de l'iode qui ne déterminait aucune trace de coloration, et de l'absence de matières albumineuses en essayant si les matières cellulaires contenaient de l'azote, par la méthode de Will et de Varrentrapp : il n'a obtenu ainsi aucune trace d'ammoniaque.

Cette méthode de dosage des matières cellulaires me paraît mériter la préférence sur toutes les méthodes connues jusqu'ici. En outre, elle est applicable à toutes les portions de plantes qui contiennent de l'amidon (2). Et, cependant, elle n'est pas

(1) Je leur donne le nom de *matières cellulaires*, en comprenant sous ce nom, outre la *cellulose*, les matières que l'on désigne ordinairement sous le nom de fibres végétales.

(2) Ces expériences étaient terminées deux ans avant celles de M. Poggiale.

exempte d'erreurs : dans le traitement par la dissolution de potasse notamment, les matières cellulaires qui constituent l'enveloppe du grain et qui ne sont pas de la cellulose, mais qui ne sont pas non plus de la nature de l'amidon et de la dextrine, peuvent être attaquées, en sorte que, par cette méthode aussi, surtout à cause du traitement au moyen d'une dissolution étendue de potasse, on obtient pour les fibres ligneuses, ou, si l'on veut, pour les substances inertes, qui sont également sans utilité pour la préparation de la bière, une quantité un peu plus faible que celle que l'on devrait obtenir.

Dans les analyses d'Oudemans, cette erreur s'élève au plus au cinquième de ce qui est compris sous le nom de matières cellulaires : je ne dis ni matière cellulaire, ni cellulose, mais je dis matières cellulaires.

Les parties constituantes solubles dans l'eau qui existent dans les grains et dans les différentes sortes de malt, ont été déterminées en épuisant les grains ou les malts par l'eau froide et en évaporant jusqu'à siccité les dissolutions ainsi obtenues. Pour les grains, cette opération pouvait être facilement effectuée ; mais, pour les malts, elle présentait un certain degré de difficulté, ce qui venait de ce que les matières albumineuses que ces malts contenaient, se décomposaient très-facilement et déterminaient également la décomposition de l'amidon. Par suite, on obtenait, d'une part, des résultats inexacts et, d'autre part, la filtration devenait impossible. — Le seul mode d'opérer qui restait à employer, était le suivant : après avoir moulu le malt en poudre fine, on le laisse digérer pendant quelques heures avec de l'eau froide, en ayant soin d'agiter de temps en temps : on laisse ensuite les parties solides se déposer : on décante la liqueur claire au moyen d'une pipette, on la porte dans un vase taré ; on l'évapore, on la dessèche à 120°, puis on pèse le résidu.

Il est hors de doute, suivant l'opinion d'Oudemans que la quantité des parties constituantes du malt qui sont solubles dans l'eau, est estimée ainsi à une valeur trop élevée : en effet, d'une part, les matières albumineuses qui étaient insolubles, peuvent devenir solubles, et d'autre part, pendant que

La méthode se trouve décrite dans *Verhandelingen en Onderzoekingen*, 1e deel, 2e stuk, p. 16.

la matière reste en contact avec l'eau, une certaine quantité de l'amidon existant dans le malt, a pu se transformer en dextrine. Mais cet inconvénient ne peut pas être évité; en effet, lorsqu'on veut évaluer la quantité des principes solubles dans l'eau, il faut traiter par l'eau.

Le sucre, dont la présence avait été indiquée dans toutes les espèces de grains, n'y a pas été trouvé par Oudemans, ce qui est du reste conforme avec l'opinion de Péligot qui avait signalé l'absence du sucre dans le froment.

Lorsque nous émettons l'opinion qu'il n'existe pas dans le grain du sucre tout formé, nous devons avant tout diriger notre attention sur une petite quantité de sucre qui paraît se comporter comme du sucre de canne, ainsi que d'une autre matière de saveur douceâtre qui, à l'apparence, paraît identique avec la glycyrrhizine, et qui ont été trouvées toutes les deux par Millon (1) dans le son du froment.

Les expériences d'Oudemans ont donné sur ce sujet les résultats suivants : Après avoir moulu en poudre fine l'orge, le froment, le seigle et l'avoine, on les épuise par l'alcool absolu. On évapore ensuite l'alcool, puis on traite le résidu par l'eau. Une partie de la liqueur résultant du traitement par l'eau, essayée au moyen de la dissolution cuivrique si connue, a produit une réduction pour les quatre sortes de grains. Pour le froment, la réduction a été rapide, tandis que, pour le seigle, pour l'orge et pour l'avoine, elle a été lente.

Oudemans a fait bouillir avec de l'acide acétique concentré une autre portion de la même liqueur : il a évaporé ensuite le tout jusqu'à siccité : il a redissous dans l'eau la masse desséchée et il a essayé au moyen de la dissolution cuivrique la liqueur ainsi obtenue. Dans les liqueurs provenant des quatre sortes de grains, il s'est produit alors une réduction instantanée et si l'on considère la substance qui a déterminé la réduction comme étant du sucre de canne, on obtient pour cent, dans chacune des espèces de grains indiquées :

Dans le froment	0,22
Dans l'orge	0,19
Dans le seigle	0,08
Dans l'avoine	0,12

(1) *Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. XXVI, p. 33.

Le maximum s'élève donc dans le grain à 0,002.

Cette matière est-elle réellement du sucre ? Je ne crois pas qu'il y ait aucun motif de la considérer comme du sucre. Avant que l'on eût fait bouillir la liqueur avec l'acide acétique concentré, la réduction de la dissolution cuivrique était lente, bien que, cependant, elle eût également lieu ; mais, par l'intervention de l'acide acétique, la réaction devenait plus prononcée.

La seule conclusion que l'on puisse en tirer, est que l'alcool a enlevé au grain une trace de dextrine, substance qui existe toute formée dans le grain et qui jouit également de la faculté de réduire la dissolution cuivrique. La dextrine est bien par elle-même insoluble dans l'alcool, mais la glutine pourrait peut-être déterminer la dissolution d'une petite quantité de dextrine dans la liqueur alcoolique; cette dextrine exercerait alors sur la dissolution cuivrique une action réductrice directe, mais lente. La réduction serait au contraire rapide, lorsque, par l'action de l'acide acétique, cette substance se serait transformée en sucre de raisin.

Oudemans a trouvé plus tard que cette manière d'envisager ce qui se passe était pleinement confirmée par les résultats que l'on obtenait en traitant par l'alcool bouillant une quantité considérable de grains préalablement moulus.

On peut donc, en s'appuyant sur ces raisons, considérer comme prouvée l'absence du sucre dans les quatre espèces de grains indiqués. Dans les analyses anciennes dans lesquelles le sucre figure toujours comme principe constituant du grain, ce sucre est un produit de métamorphose de la dextrine et de transformation de l'amidon en dextrine pendant le cours de l'analyse. Lorsqu'on veut s'assurer de la présence ou de l'absence du sucre, on doit traiter, non par l'eau, mais par l'alcool absolu.

Millon (1), en traitant par l'alcool du son de froment qui avait donné à l'analyse 50 pour 100 d'amidon et de dextrine, a obtenu 2 pour 100 de sucre qui, suivant lui, était mélangé avec de la glycyrrhizine. Ce sucre devait être de la dextrine; en effet il faisait dévier à droite la lumière polarisée, et, après avoir été traité par les acides, il la faisait au contraire dévier

(1) *Ann. de chimie et de physique*, t. XXVI, p. 33.

à gauche. Avant d'avoir été traité par un acide, il ne réduisait pas la dissolution cuivrique, tandis qu'il la réduisait au contraire après leur action. Millon croyait pouvoir considérer ce sucre comme du sucre de canne. Cependant il n'avait pas pu le faire cristalliser. Nous avons vu que c'est de la dextrine.

Dans le malt, il doit nécessairement se trouver du sucre. Ce sucre, ainsi que la dextrine et l'amidon qui existent aussi dans le malt, a été déterminé de la manière suivante :

Pour déterminer le sucre, on a épuisé par l'alcool le malt préalablement moulu; on a évaporé l'alcool, on a traité le résidu par l'eau; on a ramené la dissolution à un volume fixé, et on y a déterminé la proportion de sucre au moyen de la liqueur cuivrique si connue. En traitant par l'eau l'extrait alcoolique, on sépare la dextrine. Enfin, en faisant digérer le résidu avec de l'acide sulfurique étendu, on transforme l'amidon en sucre que l'on détermine au moyen de la dissolution cuivrique. La quantité de dextrine est trouvée en transformant la dextrine en sucre, et en déterminant au moyen de la dissolution cuivrique le sucre obtenu.

Toutes ces dissolutions, lorsqu'elles contenaient de l'acide sulfurique, étaient saturées avec soin par la potasse avant d'être essayées au moyen de la dissolution cuivrique. En outre, on les faisait digérer avec une petite quantité de charbon animal afin de se débarrasser des substances qui auraient pu exercer sur l'essai saccharimétrique une influence fâcheuse et qui pouvaient être séparées au moyen du charbon animal.

En même temps que l'acide sulfurique opère la transformation de l'amidon, il transforme aussi une partie de la cellulose en sucre. Pour corriger l'erreur qui affecterait ainsi la quantité d'amidon trouvée, Oudemans traite successivement par une dissolution de potasse, par l'acide acétique, par l'eau, par l'alcool et par l'éther, la matière cellulaire qui est restée comme résidu après le traitement par l'acide sulfurique; la différence en moins qu'il trouve entre la quantité de matière cellulaire ainsi obtenue et la quantité de matière cellulaire obtenue directement par le procédé indiqué précédemment au moyen de l'extrait de malt de froment, est ensuite retranchée de la quantité d'amidon que l'on a déduite de la quantité de sucre produite par l'action de l'acide sulfurique. — 90 par-

ties d'amidon, de dextrine ou de cellulose représentent également 100 parties de sucre de raisin.

La détermination de la cendre a été opérée par les méthodes connues : la carbonisation et la combustion des substances s'effectuaient rapidement et facilement dans des capsules spacieuses.

Les analyses d'Oudemans ne laissent à désirer qu'en ce qu'on ne connaît pas la provenance des grains qu'il a employés, et que les matières albumineuses n'ont été déterminées qu'indirectement en les déduisant de la proportion d'azote que contenaient ces grains. On peut évaluer à 15,5 pour 100 la quantité d'azote que contenaient ces matières albumineuses.

En ce qui concerne la provenance des grains qui ont servi dans les analyses, sa connaissance ne présentait ici aucune importance ; en effet, il ne s'agit pas ici de donner un aperçu des principes qui constituent les grains ; mais il est question d'obtenir un examen comparatif du grain, du malt, de la drêche et de la bière : cela ne faisait donc rien de ne pas savoir quelle était la provenance de ces grains. Comme point de comparaison, j'ai inséré en outre les analyses des espèces de grains indiquées faites par d'autres chimistes, autant du moins qu'elles paraissent avoir quelque valeur.

J'ai pensé qu'il était convenable d'indiquer ici seulement les résultats généraux auxquels les expériences d'Oudemans ont conduit, et de réserver les détails pour les endroits où il serait question de chaque sujet en particulier.

J'ai en outre jugé bon de donner ici les résultats des analyses des cendres de grains d'orge et de malt d'orge qui ont été obtenus dans le laboratoire d'Utrecht par MM. Veltman et Moesman.

TABLEAU :

Composition des différentes espèces de Grains et des malts correspondants.

100 PARTIES CONTIENNENT OU DONNENT par leur transformation.	ORGE.	MALT			DRÊCHE (MALT ÉPUISÉ)				FROMENT.	MALT DE FROMENT desséché à l'air.	SEIGLE.	MALT DE SEIGLE desséché à l'air.	AVOINE	MALT D'AVOINE desséché à l'air.
		desséchée à l'air.	desséchée à la touraille.	fortement desséchée à la touraille.	desséchée.	plus fortement desséchée.	encore plus fortement desséchée.	très-fortement desséchée.						
Dextrine	4,5	6,5	5,8	9,4	0	0	0	0	4,5	6,2	5,2	12,7	5,0	7,1
Amidon	53,8	47,3	51,2	43,9	9,5	6,7	5,3	3,8	57,0	50,3	56,5	42,1	47,0	37,3
Sucre	0	0,4	0,6	0,8	0	0	0	0	0	1,6	0	1,1	0	0,4
Matières cellulaires	7,7	11,7	9,4	10,6	6,2	7,8	9,4	7,7	6,1	8,0	7,8	11,9	14,5	22,6
Matières albumineuses	9,7	11,0	9,1	9,7	4,1	4,7	5,4	4,3	11,5	11,9	10,4	11,7	12,1	13,3
Matières grasses	2,1	1,8	2,1	2,4	0,4	0,3	0,4	0,3	1,8	2,0	1,4	1,5	5,4	4,1
Matières inorganiques	2,5	2,6	2,4	2,6	1,1	1,3	1,2	1,1	1,7	1,8	1,8	1,8	2,8	3,1
Eau	18,1	16,1	11,1	8,2	79,3	79,1	78,6	82,5	16,0	14,4	16,4	15,6	14,9	14,1
Extrait alcoolique	0,7	3,7	4,1	4,4	»	»	»	»	0,8	4,4	1,2	5,2	0,6	4,1
Extrait aqueux	7,0	11,0	17,0	21,0	0,1	0,1	0,1	0,1	6,8	17,0	8,2	24,3	7,9	11,0

Composition des cendres d'orge et de malt d'orge.

	ORGE.		MALT D'ORGE desséché A L'AIR.		MALT D'ORGE desséché A LA TOURAILLE (1).		MALT D'ORGE desséché fortement A LA TOURAILLE.	
	Veltman.	Moesman.	Veltman.	Moesman.	Veltman.	Moesman.	Veltman.	Moesman.
Potasse	17,0	17,5	16,0	15,6	16,1	17,0	20,3	20,8
Soude	5,9	6,3	5,2	4,4	2,3	2,0	4,6	4,2
Chaux	2,7	3,1	4,0	4,9	4,2	4,2	6,0	5,6
Magnésie	7,2	6,8	6,5	7,1	6,1	5,6	5,8	6,0
Sexquioxyde de fer	0,5	0,5	0,9	0,9	1,5	1,9	0,8	1,0
Acide phosphorique	30,3	perdu.	30,6	31,0	29,1	28,4	35,8	35,0
Acide sulfurique	1,4	1,5	1,1	1,0	2,0	1,8	0,7	0,8
Acide silicique insoluble	7,1	7,0	35,1	35,3	12,0	11,4	14,5	25,9
Acide silicique soluble	26,0	26,7			26,4	27,1	12,1	
Chlore	1,3	1,3	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1

La quantité des matières inorganiques contenues dans l'orge monte de 2,4 à 2,6 p. 100.

(1) D'une autre source que l'orge et le malt desséché à l'air.

I. De l'orge.

En réalité, la connaissance de la composition de l'orge et du froment nous est complétement suffisante pour nous rendre compte de tout ce qui a rapport à la bière telle qu'on la fabrique actuellement : en effet, on fabrique la bière presque exclusivement avec l'orge, soit seule, soit mélangée avec du froment, germé ou non germé. Je ferai donc seulement un examen approfondi de l'orge et du froment, et si, dans les analyses d'Oudemans, on trouve des indications relatives aux autres espèces de grains, cela n'est pas tant parce que ces indications présentent une importance spéciale au point de vue de la connaissance de la bière que plutôt pour faire connaître d'une manière plus positive les transformations que les grains, comme l'orge et le froment, subissent par l'acte de la germination.

L'orge est particulièrement convenable pour la préparation de la bière : elle donne en effet, lorsqu'on la fait germer, une proportion de diastase si forte que, par l'action de celle-ci, non-seulement la matière amylacée contenue dans l'orge mais encore celle que peut contenir une quantité additionnelle considérable de froment et d'autres substances farineuses comme l'avoine, le maïs, le riz, le sarrasin, et même de fécule de pommes de terre, peuvent être transformées en dextrine et en sucre.

Pour préparer une bonne bière, il faut faire usage d'un grain d'orge compacte, bien plein, qui, lorsqu'on le casse, soit coloré en jaune à l'intérieur, qui soit riche en matière amylacée et qui soit enveloppé extérieurement d'une partie corticale mince, lisse, luisante. L'orge qui a poussé dans un sol calcaire, est considérée comme devant être préférée à celle qui a poussé dans un sol argileux.

Parmi les nombreuses variétés de l'orge, ce sont les variétés que l'on désigne sous les noms d'*Hordeum vulgare distichon* et d'*Hordeum vulgare hexastichon* que l'on emploie spécialement pour la préparation de la bière.

La première variété mûrit plus tôt que la seconde, et elle est, pour la fabrication de la bière, plus estimée que la seconde dont le grain, lorsqu'on le place en tas sans qu'il soit entiè-

rement sec, s'échauffe facilement et acquiert, par suite, des propriétés moins agréables qui conviennent moins lorsqu'on s'en sert pour la préparation de la bière. Outre ces deux espèces d'orge, on emploie encore l'*hordeum zeocriton*, l'*hordeum nudum* ou *cœleste*.

Quelle que soit du reste l'espèce d'orge que l'on emploie, on doit, dans tous les cas, éviter le mélange des orges de date plus ancienne et des orges de date plus récente : en effet les unes et les autres, bien que placées dans un même local, ne prennent pas, par leur germination, un même degré de développement et ne subissent pas les mêmes transformations chimiques.

Pour préparer une bonne bière qui ne se démente pas, une condition essentielle est d'employer autant que possible de l'orge d'une seule et même sorte et d'un même âge.

On ne connaît qu'un petit nombre de bonnes analyses de l'orge ; mais on connaît un grand nombre d'analyses anciennes qui ont été faites à une époque de la science où l'on ne savait pas vaincre les difficultés qui se présentent toujours dans une analyse aussi simple que peut l'être une analyse de grain. Si l'on fait abstraction de ce que l'on avait trouvé, tant dans l'orge que dans les autres espèces de grains, du sucre qui n'y existe pas, et en outre si l'on fait aussi abstraction de l'importance spéciale que l'on avait attribuée à l'hordéine, substance amylacée peu soluble, qui existe dans l'orge, les résultats des analyses de l'orge que nous connaissons sont encore erronés par d'autres causes. Je vais les passer en revue.

Tableau comparatif de différentes analyses de l'orge.

	EINHOF.	PROUST.	HERMBSTÆDT.	THOMSON (ÉCOSSE).	KROCKER et HORSFORD HOHENHEIM. ORGE d'hiver.	ORGE de Jérusal.
Amidon	67,2	32	60,5	39,9	38,6	42,7
Hordéine		55				
Sucre	5,2	5	4,7	4		
Dextrine	4,6	4	4,5			
Gluten	3,5	3	4,9			
Albumine soluble	1,2		0,4			
Eau	9,4		10,5			
Sels et perte	1,6					
Résine		1				
Enveloppe corticale du grain.	7,3		11,6			
Huile essentielle			0,4			
Perte			2,3			
Enveloppe corticale du grain. Gomme, sucre				46,2	42,3	42,5
Glutine				15,2	17,8	14,7
Albumine						
Substances insolubles				3,3	5,5	2,8

Si nous considérons l'hordéine comme identique avec l'amidon, nous trouvons pour l'analyse de Einhof 67,2, et en déduisant par le calcul le nombre que l'on trouverait pour la substance sèche, on obtient le nombre 74 : pour l'analyse de Proust, nous trouvons $32 + 55 = 87$.

D'après ces deux chimistes, la farine d'orge à l'état sec contient par conséquent de 74 à 87 pour 100 d'amidon; d'après Krocker, elle n'en contiendrait que 42,5 pour 100.

En réunissant toutes les matières albumineuses, on en retrouve, suivant les trois chimistes indiqués d'abord, de 3 à 5,3 pour 100, tandis que, suivant Horsford, il en existe une quantité considérable variant de 14,7 à 17,8 (1).

Les trois premiers ont trouvé de 4 à 4,6 pour 100.

Ritthausen (2) a analysé quelques espèces d'orge. Elles étaient de Mœckern près Leipsick : *a* orge d'hiver, *b* orge

(1) Krocker et Horsford, in *Liebig's Annalen*, t. LVIII, p. 166 et 212.
(2) *Pharmaceutisches Centralblatt*. 1855, p. 162.

d'Annat, et *c* orge de Probstei. Il a trouvé la composition suivante :

	GRAINS non desséchés.			GRAINS desséchés à 100°.		
	a	*b*	*c*	*a*	*b*	*c*
Eau	16,1	14,2	14,1			
Substances inorganiques	2,3	2,6	2,4	2,7	3,0	2,8
Fibre végétale	8,5	6,4	7,3	11,1	7,5	8,5
Substances albumineuses	8,5	11,2	10,2	10,1	13,0	11,8
Substances non azotées	64,6	65,6	66,1	77,1	76,5	76,9
Dans ces dernières, était compris l'amidon	39,8	44,0	40,5			

Ces analyses présentent pour la détermination de quelques-unes des parties constituantes de l'orge le cachet de l'exactitude ; mais bien que la quantité d'amidon qu'elles indiquent soit déjà très-faible, on doit remarquer qu'il ne s'y trouve surtout ni dextrine, ni matière grasse.

Fehling et Faiszt (1) ont trouvé, pour l'analyse du grain à 100°, les résultats suivants :

	ORGE DE JÉRUSALEM 1850	ORGE DE JÉRUSALEM 1851
Substances azotées	15,7	13,8
Amidon et matière grasse	78,6	78,6
Fibre végétale	2,9	5,0
Substances inorganiques	2,8	2,7

Dans ces analyses, la détermination de la fibre ligneuse était opérée par digestion avec de l'acide chlorhydrique, et elle était par conséquent trop faible : il s'ensuivait que la quantité d'amidon et de matière grasse (en y comprenant la dextrine et d'autres substances) était estimée trop haut.

(1) *Pharmaceutisches Centralblatt*. 1852, p. 618.

Pour l'eau, ces chimistes ont trouvé dans un premier essai 14 et dans un second 13,7 pour 100.

Sacc a fait une analyse d'*hordeum vulgare*, et il en a déterminé aussi le carbone, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène.

L'analyse a donné (1) :

Albumine et glutine	4,5
Amidon	59,5
Sucre	6,0
Cellulose, gomme, matière grasse et cendre.	19,0
Eau	11,0

Suivant Pelouze et Fremy, l'orge est de toutes les espèces de grains celle qui contient le moins d'azote : d'après leurs indications, Sacc a trouvé pour le grain entier :

Carbone	45,47
Hydrogène	6,48
Azote	2,28
Oxygène	42,44
Cendres	3,33

En tant que l'indication est exacte, la détermination de l'azote de Sacc prouve précisément le contraire ; en effet (la matière albumineuse étant évaluée à 15,5 pour 100 d'azote), nous obtenons, d'après l'analyse de Sacc, $2,28 \times 6,5 = 14,82$ p. 100 de substance albumineuse dans l'orge. Mais la quantité totale de 4,5 pour 100 d'albumine et de glutine trouvée par ce chimiste ne s'accorde pas avec ce résultat. Il y a par conséquent ici encore de l'incertitude.

Polson (2) a trouvé dans l'orge d'Écosse :

Amidon	52,7
Gluten	13,2
Cellulose, etc	11,5
Matière grasse	2,6
Gomme, sucre	4,2
Cendres	2,8
Eau	12,0

On ne peut pas nier que cette dernière analyse exprime très-

(1) Pelouze et Fremy, *Traité de chimie*. Paris, 1857, t. VI, p. 508.
(2) Erdmann's *Journal für pr. Chemie*. Tome LXVI, p. 320.

approximativement la composition de l'orge; mais comme il existait une grande différence entre les résultats de cette analyse et ceux des analyses antérieures, et comme on ne connaissait surtout pas la méthode employée par M. Polson pour cette analyse, il ne devait pas paraître superflu de faire une nouvelle analyse de l'orge. Les résultats d'Oudemans, que ce chimiste a obtenus en opérant non sur la farine, mais sur le grain d'orge entier avec son enveloppe, ainsi que cela est nécessaire pour se rendre compte de la préparation de la bière, sont les suivants :

	ORGE non desséchée.	ORGE desséchée.
Amidon	53,8	65,7
Dextrine	4,5	5,5
Matières cellulaires	7,7	9,4
Matières albumineuses	9,7	11,8
Matière grasse	2,1	2,5
Substances inorganiques	2,5	3,1
Eau	18,1	—
Autres substances	1,6	2,0
	100,0	100,0

Si l'on excepte ceux de Polson, il n'existe pas une concordance suffisante entre les résultats obtenus pour la détermination de chacune des parties du grain dans les analyses d'Oudemans et dans celles des chimistes indiqués auparavant. Les analyses publiées dans ces dernières années par Krocker et Horsford doivent surtout être rejetées.

La différence entre les résultats de Polson et ceux d'Oudemans doit être attribuée en partie à la différence d'espèce de l'orge sur laquelle ces chimistes ont opéré. Polson désigne sous le nom de glutine la somme de toutes les substances albuminoïdes réunies. Je m'étendrai plus loin sur ce sujet : en outre, dans l'analyse de Polson, la quantité des matières cellulaires me paraît trop élevée. — Je pense du reste que

ces deux analyses ensemble peuvent être considérées comme représentant la composition de l'orge à l'état sec.

	OUDEMANS.	POLSON.
Amidon	65,7	60,6
Dextrine	5,5	4,8
Matières cellulaires	9,4	13,2
Matières albumineuses	11,8	15,1
Matière grasse	2,5	3,0
Substances inorganiques	3,1	3.2

Ce qui a été dit du reste, et indiqué dans beaucoup d'ouvrages sur la bière, que la farine de l'orge est composée de 71 parties de farine, 19 parties d'enveloppe corticale et 10 parties d'eau, doit, en ce qui concerne l'enveloppe corticale, être considéré comme entièrement inexact, suivant les expériences d'Oudemans : en effet, la somme de toutes les matières cellulaires du grain d'orge entier, pour une proportion d'eau assez forte s'élevant notamment à 18 pour 100, ne monte pas à plus de 9,4 pour 100. — La détermination des matières cellulaires ne peut pas, par la méthode qu'Oudemans a employée, être trop faible dans une aussi forte proportion.

Ce que l'on comprend par suite sous le nom de son ou d'enveloppe corticale, contient donc encore une quantité considérable de farine. La quantité de substance albumineuse qui existe dans le son, ne peut pas expliquer cette différence.

Hordéine. — On a attribué à l'amidon d'orge des propriétés particulières que nous croyons devoir soumettre à un examen plus approfondi. Ce n'est pas tant parce que ces propriétés avaient une valeur importante que parce que l'on n'a pas fait voir d'une manière certaine ce qu'il y avait de vrai et de faux dans cette hypothèse. Tout le monde sait que l'on obtient l'amidon à un état de plus ou moins grande pureté lorsqu'on malaxe la farine de grains sous l'eau dans un linge de toile. Il se produit ainsi un dépôt formé surtout d'amidon, tandis qu'il reste sur le linge un mélange composé de matières albumineuses, de matières cellulaires, etc., insolubles dans l'eau.

Telles sont les indications que l'on trouve dans les livres. Si l'on fait la même expérience sur l'orge, on obtient, contre

toute attente, seulement quelques parois de cellules qui sont mélangées avec des matières albumineuses insolubles et avec de l'amidon : la somme de ces matières est du reste si peu considérable que l'on arrive à la conclusion que cette méthode, qui s'applique si bien au froment, n'est pas bonne pour l'orge. — En résumé, après avoir été ainsi malaxé à plusieurs reprises, le froment laisse comme résidu une quantité considérable de matière sur le linge : l'orge au contraire, lorsque la farine sur laquelle on opère a été bien moulue, ne laisse presque aucun résidu.

Si, donc, l'on désigne sous le nom d'amidon toute la portion du froment et de l'orge qui, dans cette expérience, passe au travers du linge, il n'y a rien d'étonnant à ce que l'on ait pu trouver de la différence entre l'amidon de blé et l'amidon d'orge, puisque ce prétendu amidon d'orge doit contenir presque la totalité des matières cellulaires, pourvu seulement que l'on ait continué l'expérience suffisamment longtemps.

Proust a donné à une partie de cet amidon d'orge un nom spécial, celui d'*hordéine* : il existait dans l'orge, suivant ce chimiste, 32 parties d'amidon et 55 parties d'hordéine : il admettait que l'hordéine était une substance fibreuse, non azotée, qui possédait la faculté de se transformer en amidon. Braconnot et Guibourt ont examiné de plus près cette substance.

Proust (1), en considérant l'hordéine comme une substance fibreuse, sans grande valeur, paraît avoir été en quelque sorte sous l'impression du peu de valeur que les anciens attribuaient à l'orge. En commençant son mémoire, il rappelle que, suivant Plutarque, les généraux romains faisaient donner du pain d'orge en place de pain de froment aux soldats qui s'étaient comportés lâchement dans un jour de combat : il rappelle en outre le proverbe « grossier comme pain d'orge ». Partant de cette idée préconçue, il faisait bouillir de l'amidon de froment et de l'amidon d'orge, et il obtenait ainsi 55 pour 100 d'une poudre insoluble dans l'eau qu'il rapprochait enfin des substances cellulaires à tel point qu'il paraissait l'identifier avec ces matières.

(1) *Ann. de chimie et de physique*. 1817, t. V, p. 337.

Mais Proust lui-même, en analysant l'orge tant germée que non germée, y a reconnu l'existence de sa cevadina (hordéine) en même temps que celle de l'amidon. Nous trouvons, dans son mémoire, que 100 parties contenaient :

	ORGE non germée.	ORGE germée.
Amidon	32	56
Hordéine	55	12
Gomme	4	15
Sucre	5	15
	96	98

Dans l'orge germée, il trouve seulement 12 pour 100 d'hordéine : mais comme, dans son analyse, il ne parle pas des matières cellulaires, et comme cependant, il devait en trouver dans l'une aussi bien que dans l'autre, comme, d'autre part, les 12 pour 100 d'hordéine qu'il trouve dans l'orge germée correspondent à peu près à la quantité des matières cellulaires contenues dans l'orge, comme, en outre, sa cevadina pouvait se transformer par la germination en gomme, en sucre et en amidon, la nature amylacée de l'hordéine en ressort nettement, et cette substance ne paraît devoir se distinguer de l'amidon qu'en ce qu'elle se transforme plus lentement en empois.

Il existe en outre dans les indications de Proust une contradiction : p. 345, il dit que lorsqu'on lave l'amidon de blé et l'amidon d'orge avec de l'eau froide et lorsqu'on traite ensuite par l'eau bouillante, « il résulte de cette dissolution un empois laiteux, consistant, que rien ne distingue sensiblement d'une colle de farine de froment. »

Thomson comprend sous le nom d'hordéine une substance amylacée, se rapprochant de la cellulose, qui possède la faculté d'être transformée par la diastase en dextrine et en sucre, et qui est insoluble dans l'eau bouillante de même que dans l'eau froide. Thomson montre du reste qu'il ne connaît pas la véritable nature de l'hordéine lorsqu'il dit que, par le maltage, l'hordéine se convertit en sucre et en amidon ordinaire et que cette transformation est produite « par la des-

truction d'une substance glutineuse inconnue qui tient les parties (de l'orge avant le maltage) aussi intimement réunies les unes aux autres (1) ». Dans les lignes que nous venons de citer, Thomson exprimait clairement que son opinion n'était pas que l'hordéine était une substance particulière, mais qu'elle était une réunion de cette substance avec d'autres substances retenues ensemble par une matière glutineuse.

Cette dernière opinion est aussi celle qu'ont exprimée sur l'hordéine Braconnot et Guibourt qui la considéraient (2) comme un mélange d'amidon, de débris de parois de cellules et de glutine, mélange très-difficile à séparer.

L'existence de l'hordéine cessait donc presque d'être admise lorsque Gregory a donné dernièrement de nouveau ce nom à une substance préparée par le procédé de Thomson à laquelle il assigne la formule remarquable $C^{12}H^{8}O^{8}$, tandis que l'amidon est représenté par la formule $C^{12}H^{10}O^{10}$ (3).

Les granules d'amidon de froment sont d'une grosseur très-différente. En effet, si l'on examine au microscope le dépôt que l'on obtient en malaxant de la manière indiquée précédemment le blé préalablement moulu, on obtient des granules de toutes dimensions : les uns très-petits, d'autres un peu plus gros et d'autres graduellement de plus en plus gros. Toutes ces différentes grosseurs sont mélangées entre elles en quantités égales.

Cela étant admis, on agite avec l'eau l'orge préalablement bien moulue : on met la masse sur un linge, puis on y fait couler un filet d'eau très-peu considérable. Ce qui passe ainsi au travers du filtre, laisse déposer au fond du vase une masse blanche : si l'on examine cette masse au microscope, on reconnaît qu'elle est composée de granules d'amidon qui présentent surtout la grosseur moyenne des granules de la farine de blé, mélangés avec des granules plus petits. — Si l'on en excepte une très-petite quantité de débris de cellules et de molécules de substances albumineuses solides, les autres particules de ce qui a passé au tra-

(1) *Annals of philosophy*, t. X, p. 388, et *Annales de chimie et de physique* 1817, t. VI, p. 216.

(2) *Journal de chimie médicale*, t. V, p. 149.

(3) Muspratt-Stohmann, t. I, p. 562.

vers du filtre ne peuvent pas être reconnues d'une manière nette : et, à l'apparence, nous devrions donc avoir ici, en opérant sur l'orge, de l'amidon et de l'hordéine. Nous devons cependant faire observer que, dans l'orge aussi bien que dans le froment, tous les granules amylacés, les gros comme les petits, se coloraient en bleu par l'iode.

En chauffant cet amidon d'orge sous l'eau, les granules disparaissaient instantanément et formaient de l'empois.

Par ce moyen, on ne pouvait donc découvrir dans l'orge aucune espèce particulière d'amidon qui pût présenter une manière de se comporter différente de celle de l'amidon de blé.

Si l'on malaxe de nouveau pendant quelque temps le résidu qui reste sur le linge, ou bien si l'on malaxe sous l'eau la farine d'orge enveloppée dans un linge, on remarque au-dessous des granules d'amidon un grand nombre de petites particules colorées qui, examinées au microscope, peuvent être reconnues pour des parois de cellules qui étaient colorées. Un examen plus exact paraît superflu.

Si l'on fait bouillir avec de l'acide sulfurique l'amidon d'orge ainsi obtenu, cet amidon d'orge se transforme en dextrine et en sucre dans le même espace de temps que cela a lieu lorsqu'on traite de la même manière l'amidon de froment. On ne peut pas davantage observer une différence dans la transformation de l'amidon de blé et de l'amidon d'orge en dextrine et en sucre, lorsqu'on les traite tous deux de la même manière par l'infusion aqueuse de malt.

On m'objectera peut-être que j'emploie à cette expérience seulement l'amidon d'orge pur, et que je n'emploie pas également l'hordéine. Je ne le nie pas; mais je dois déclarer aussi que je ne connais aucune méthode par laquelle on puisse obtenir l'hordéine. Dans nos expériences, nous avons exposé à l'action d'un filet d'eau, la farine d'orge placée sur un linge et nous avons soumis à l'expérience ce qui a passé au travers du linge. Le traitement par l'eau était continué jusqu'à ce que les particules colorées commençassent à passer au travers des pores du linge.

En outre, on peut facilement s'assurer, ainsi que Proust lui-même l'a indiqué (p. 28), que lorsqu'on fait bouillir avec de l'eau de l'orge préalablement moulue et du blé également

moulu, soit qu'on les ait traités d'abord par l'eau froide, soit qu'on ne les ait pas soumis à ce traitement, on obtient, dans les deux cas, avec les deux espèces de grains, un empois qui prend la même consistance dans le même temps pour les deux espèces de grains. L'empois obtenu avec l'orge se distingue seulement par sa couleur légèrement grise : le résidu insoluble paraît en outre, lorsqu'on opère sur l'orge, plus foncé que lorsqu'on opère sur le blé. — En outre, la propriété de l'orge de former une émulsion est généralement connue.

L'absence dans l'orge d'une quantité de glutine suffisante pour que l'on puisse malaxer sous l'eau la pâte formée avec cette farine de telle manière que les débris de parois de cellules soient retenus, rend impossible dans l'orge la séparation de l'amidon et de la matière cellulaire. Ce que l'on a nommé hordéine, paraît donc être un mélange de granules très-petits d'amidon d'orge et de débris de parois de cellules.

Il y a déjà plusieurs années que Einhoff a fait la même observation (1). Pour 67,18 de farine qu'il pouvait retirer en tout de l'orge en la malaxant sous l'eau dans un linge, il obtenait comme résidu sur le linge 7,29. Dans ces 7,29, il trouvait, outre la substance cellulaire, de l'amidon et une petite quantité de glutine. En faisant bouillir l'eau qui avait servi à la séparation de l'amidon, il réussit à en retirer par coagulation 1,15 de matière albumineuse; puis, en évaporant la liqueur et traitant le résidu par l'alcool, il obtint 3,52 de glutine.

Les expériences d'Einhoff ne nous apprennent donc rien sur l'existence d'une hordéine.

Proust n'indique en général, dans son analyse de l'orge, aucune matière cellulaire, et Berzelius (2) observe déjà que son hordéine devait être un mélange de son, d'amidon et de glutine.

Pour écarter enfin toute incertitude sur la composition de l'amidon d'orge auquel Gerding, s'appuyant sur l'autorité de Gregory, attribue la formule $C^{12}H^{8}O^{8}$ (p. 29), Bernelot Moens

(1) Berzelius, *Lehrbuch*, 3e aufl., 1838, t. VII, p. 551.
(2) *Loc. cit.*

a fait une analyse de cette substance qui avait été préparée par le procédé indiqué p. 29. Les résultats qu'a donnés l'analyse de cet amidon, préalablement desséché à 120°, et qui était évidemment impur, sont les suivants :

	Amidon d'orge.
Carbone	45,54
Hydrogène	6,69
Oxygène	47,77

Les différences que présente cette analyse, doivent toutes être mises sur le compte des impuretés inévitables (matières albumineuses et matière grasse) que contenait l'amidon préparé au moyen du grain par la méthode indiquée.

Il existe une analyse de l'hordéine faite par Marcet (1). Mais la matière analysée par ce chimiste n'était pas une espèce d'amidon; c'était la matière cellulaire de l'orge. En effet, il malaxait la farine d'orge avec de l'eau en laissant écouler continuellement l'amidon. En faisant ensuite bouillir et en lavant le résidu avec de l'eau, il séparait l'amidon encore plus complétement. En comparant les résultats qu'il avait obtenus avec ceux d'une analyse tout à fait inexacte du parenchyme des pommes de terre qui avait été faite par Thomson, Marcet conclut de là que la substance qu'il avait obtenue n'était pas identique avec la matière cellulaire, et cependant cela était bien exact. Mais sa substance était impure et contenait de l'albumine insoluble. Quoi qu'il en soit, Marcet trouva :

	MARCET. Hordéine.	THOMSON. Parenchyme de pommes de terre.
Carbone	44,2	37,4
Hydrogène	6,4	4,0
Oxygène	47,6	58,6
Azote	1,8	»

Tel était encore l'état de la question au point de vue scientifique et si, depuis cette époque, on voit figurer quelquefois dans les analyses d'orge une espèce spéciale d'amidon qu'on n'y trouve réellement pas, cela vient de là.

(1) *Biblioth. universelle*, t. XXXVI, p. 36, et Poggendorff, *Annalen*, t. XII, p. 249.

Je pense, du reste, que, à l'avenir, il ne doit plus être question de l'hordéine comme étant une espèce particulière d'amidon (1).

Pour ce qui concerne les matières constituantes spéciales de l'orge, on ne possède presque que le peu de renseignements qui suivent :

Par la distillation de 4 livres d'orge, additionnées de 4 livres d'eau et de 6 livres d'acide sulfurique, Emmet (2) a obtenu de l'acide formique et Beckmann (3) un acide gras solide qu'il a nommé acide hordéique. Cet acide fond à 60°, possède pour composition $C^{24}H^{24}O^{4}$ et il est par conséquent isomérique avec l'acide laurostéarique.

Par la saponification de la matière grasse extraite directement de l'orge au moyen de l'éther, Beckmann a obtenu un acide gras liquide, huileux, et un acide gras solide. Ce dernier, dont le point de fusion se trouve à 56°, n'est pas, d'après Beckmann, susceptible d'être transformé en acide hordéique. Même en le distillant avec de l'acide sulfurique étendu, on ne pouvait pas le transformer en acide hordéique. Beckmann n'a pas réussi non plus à obtenir de l'acide hordéique en distillant avec de l'acide sulfurique l'orge dont on a séparé la matière grasse au moyen de l'éther.

La détermination des parties constituantes inorganiques de l'orge a été faite par Bichon (4) et par Way et Ogston (5).

(1) Raspail a déjà expliqué antérieurement que l'hordéine était une substance qui provenait de l'enveloppe corticale du grain. Voyez *Journal de pharmacie*, t. XII, p. 391, et t. XV, p. 185, et *Sur l'Hordéine et le Gluten*. Paris, 1826, in-4, avec une pl.

(2) Berzelius, *Jahresbericht*, t. XVIII, p. 275.

(3) Erdmann's *Journal für pr. Chemie*, t. LXVI, p. 52.

(4) *Ann. der Chemie und Pharmacie*, t. L, p. 419.

(5) *Journ. of the Royal Agriculture Society of England*, t. VII, part. II, p. 593; t. II, part. II, p. 502.

TABLEAU :

Analyses des cendres d'orge.

	ORGE CHEVALIER	ORGE de Moldavie	ORGE-CHEVALIER SOL argileux.	ORGE-CHEVALIER SOL sablonneux.	BICHON.
Potasse	21	32	22	25	3,9
Soude	5	1	1	0,5	17,0
Chlorure de sodium	»	1,5	0,6	1	»
Chaux	2	1	2	3	3,4
Magnésie	7	10	10	8	10,1
Sesquioxyde de fer	0,5	1	1	1	1,9
Acide phosphorique	32	29	38	38	40,6
Acide sulfurique	0,8	0,3	3	1	0,3
Acide silicique	38,0	25	22	22	22
Quantités de cendres p. 100 dans le grain à l'état sec	2,5	2,4	2,6	2,5	

L'analyse de Bichon me paraît devoir être entièrement rejetée.

Outre les analyses de cendres d'orge que nous venons d'indiquer, nous possédons encore celles d'Erdmann, de Kœchlin et de Thomson (1).

Analyse des cendres d'orge.

	ERDMANN.	KŒCHLIN.	THOMSON.
Potasse	20,9	13,8	16,0
Soude	»	6,8	8,9
Chaux	1,7	2,2	3,2
Magnésie	6,9	8,6	4,3
Sesquioxyde de fer	2,1	1,1	0,8
Acide phosphorique	38,5	38,8	36,8
Acide sulfurique	»	0,2	0,2
Acide silicique	29,1	27,7	20,7
Chlore	»	»	0,2

(1) Celles de Daubeny, dans le *Erdmann's Journal*, t. XXXIX, p. 71 ; t. LVI, p. 230. — Erdmann, *Liebig's Annalen*, t. LIV, p. 355. — Kœchlin, *Liebig's Annalen*, t. LIV, p. 347.

Les analyses de cendres d'orge faites par Veltman et Moesman dans le laboratoire d'Utrecht s'accordent très-bien avec les analyses d'Erdmann, de Kœchlin et de Thomson, avec celles de Way et d'Ogston, ainsi qu'avec les analyses d'orge Chevalier : elles donnent les résultats suivants :

Analyses des cendres d'orge.

	VELTMAN.	MOESMAN.
Potasse	17,0	17,5
Soude	5,9	6,3
Chaux	2,7	3,1
Magnésie	7,2	6,8
Sesquioxyde de fer	0,5	0,5
Acide phosphorique	30,3	31,0 (1)
Acide sulfurique	1,4	1,5
Acide silicique insoluble	7,1 } 33,1	7,0 } 33,7
» » soluble	26,0	26,7
Chlore	1,3	1,3

Ces analyses peuvent être considérées comme établissant d'une manière positive la composition des cendres d'orge. Si on laisse de côté une petite quantité de chlorures et de sulfates et une quantité assez considérable d'acide silicique, on voit que l'orge est surtout riche en phosphates.

La composition de ces cendres est vraiment remarquable. Si, par exemple, dans les analyses de Veltman et de Moesman, nous faisons abstraction de la quantité d'acide silicique et de sesquioxyde de fer, nous obtenons en nombres ronds :

Potasse	17
Soude	6
Chaux	3
Magnésie	7
Acide sulfurique	1,4
Chlore	1,3
Acide phosphorique	30,0

1,4 d'acide sulfurique exigent, pour former du sulfate de potasse, 1,6 de potasse ; il reste 17,1 — 1,6 = 15,4 KO,

(1) Cet acide phosphorique provient de la cendre de malt d'orge. La détermination de l'acide phosphorique de l'orge elle-même avait été perdue.

1,3 de chlore, pour former du chlorure de sodium, demandent 0,8 de sodium: 0,8 de sodium correspondent à 1,1 NaO : il reste 6 — 1,1 = 4,9 NaO.

Si nous considérons la totalité de l'acide phosphorique comme combinée aux bases que nous trouvons encore dans la cendre, nous obtenons :

	Bases.	Acide phosphorique.	
Potasse.....	15,4	11,6	$PO^5,2KO$
Soude.....	4,9	5,7	$PO^5,2NaO$
Magnésie.....	7,0	12,6	$PO^5,2MgO$
Chaux.....	3,0	2,5	$PO^5,3CaO$
		32,4	

Il ressort de là évidemment que presque toutes les bases trouvent dans la cendre d'orge une quantité d'acide phosphorique suffisante pour former des phosphates : on doit encore y joindre :

Potasse..	1,6 + Acide sulfurique..	1,4 =	$3,SO^3,KO$
Sodium..	0,8 + Chlore.....	1,3 =	2,1ClNa

Il n'est pas besoin de rappeler ici que ce n'est qu'un exemple. D'autres analyses de cendres donnent une proportion plus forte d'acide phosphorique et d'autres quantités de bases. En outre, il est surtout convenable de faire observer que ces combinaisons salines ne préexistent pas dans le grain d'orge, mais qu'on les trouve seulement dans la cendre. Dans l'orge même, on retrouve une partie de cet acide phosphorique à l'état d'acide phosphorique en combinaison avec l'albumine et une autre partie à l'état de phosphore formant une partie constituante des matières albumineuses : par l'incinération du grain d'orge, ce phosphore s'oxyde et se transforme ainsi en acide phosphorique.

II. Froment.

Il existe également un très-grand nombre de variétés de froment. Mais, pour le but que nous nous proposons ici, nous n'avons pas besoin de les examiner en particulier ; en effet,

on n'a pu reconnaître jusqu'ici dans leur composition chimique aucune différence bien nette.

Un grand nombre d'expérimentateurs, parmi lesquels nous citerons Proust, Zenneck, De Saussure, Vogel, Rossignon (1), Vauquelin (2), Boussingault (3), Dumas, Boussingault et Payen (4), Krocker et Horsford (5), se sont occupés successivement de l'analyse du froment, et nous sommes dans l'impossibilité de prétendre que nous ne possédons pas quelques bonnes analyses du froment. Il n'était donc pas nécessaire, comme pour l'orge, de passer en revue les anciennes analyses provenant d'une époque où les procédés de la science étaient encore imparfaits.

Parmi celles des dernières années, nous en citerons quelques-unes (6).

Boussingault et Polson ont obtenu les résultats suivants (7) :

Analyses du froment.

	BOUSSINGAULT.	POLSON.	
Amidon	59,7	62,3 (8)	56,9 (9)
Gluten	12,8	10,9	7,0
Albumine	1,8		
Dextrine	7,2	3,8	5,3
Matière grasse	1,2	1,2	1,2
Cellulose	1,7	8,3	12,4
Substances inorganiques	1,6	1,6	1,5
Eau	14,0	10,8	14,8

Parmi les analyses du froment qui indiquent avec une

(1) De Gasparin, *Cours d'Agriculture.*
(2) *Journal de pharmacie*, t. VIII, p. 353.
(3) *Économie rurale*, 2e édition. Paris, 1850.
(4) *Ann. de Ch. et de Phys.*, 3e série, t. VIII, p. 89.
(5) *Liebig's Annal.*, t. LVIII, p. 166 et 212.
(6) Voyez en outre Virey dans le *Journ. de Pharm.*, t. III, p. 69; t. XIII, p. 342 ; t. VIII, p. 51; Henry.
(7) Erdmann's, *Journ. für pr. Chemie*, t. LXVI, p. 320.
(8) Froment d'Amérique ancien.
(9) Froment d'Écosse nouveau.

exactitude suffisante les principales parties constituantes de cette substance, nous devons ranger celles que Fuss a exécutées sur trois sortes de froment (1) :

Analyses du froment.

	1.	2.	3.
Amidon	56,0	56,7	38,9
Glutine	15,0	19,6	15,5
Albumine végétale (soluble)	0,2	0,9	0,3
Sucre incristallisable	0,6	0,6	0,7
Gomme	0,4	0,5	0,4
Phosphate acide de chaux	0,1	0,1	0,1
Cellulose et son	8,3	6,7	7,0
Eau	9,4	8,5	9,7

Fehling et Faiszt (2), dans l'analyse de deux espèces différentes de grains de froment préalablement desséchés à 100°, ont trouvé :

Substances azotées	13,2	12,6
Amidon et matières grasses	82,0	82,1
Fibre végétale	2,8	3,3
Cendres	2,0	2,0
Quantité d'eau contenue dans les grains non desséchés	14,8	16,1

Péligot (3) spécialement a donné l'analyse très-détaillée du froment. En opérant sur 14 espèces de froment de provenances différentes, il a trouvé que la quantité des substances azotées variait entre 10 et 22 pour 100, en sorte que, d'après cela, la valeur nutritive du froment peut varier du simple au double. La proportion d'amidon et de dextrine varie en sens contraire. Le froment à 10 pour 100 de matière albumineuse donne 74 pour 100 d'amidon et de dextrine, tandis que, dans celui qui contient 22 pour 100 de matière albumineuse, il n'existe que 62 pour 100 d'amidon et de dextrine. Ce fait

(1) *Schweigger-Seidel's Journal*, t. LXIV, p. 331.
(2) Voyez la note de la page 23.
(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXIX, p. 1.

est certainement digne d'être remarqué au point de vue agricole.

La composition moyenne du froment (l'eau était déterminée par la dessiccation à 120°), en y comprenant le grain entier sans en séparer le son, est, suivant Péligot, la suivante :

Matière grasse	1,2
Matières azotées insolubles	12,8
Matières azotées solubles	1,8
Dextrine	7,2
Amidon	59,7
Cellulose	1,7
Sels minéraux	1,6
Eau	14,0

Les résultats extrêmes trouvés par Péligot pour les différentes parties constituantes du grain sont :

	Minimum.	Maximum.
Matière grasse	1,0	1,9
Matières azotées insolubles	8,1	19,8
Matières azotées solubles	1,6	2,4
Matière non azotée soluble (dextrine).	2,4	10,5
Amidon	55,1	67,1
Cellulose	1,4	2,3
Sels	1,4	1,9
Eau	13,2	15,2

Péligot n'a pas trouvé de sucre dans le froment, pas plus que dans l'avoine. Mitscherlich n'a pas trouvé non plus de sucre dans le froment ni dans le seigle.

Millon (1) a effectué de nombreuses déterminations de l'eau contenue dans la farine de froment et dans le son de froment. D'après ses observations, l'eau se sépare rapidement et complétement entre 160° et 165°. Dans 28 expériences faites sur de la farine de froment, il a obtenu comme limites les nombres 14,63 et 16,68 pour 100 : 9 autres analyses lui ont donné les nombres 14,0 et 18,2 pour 100.

En ce qui concerne la quantité de gluten (le résidu que l'on obtient lorsqu'on malaxe le froment moulu sous l'eau après l'avoir enveloppé dans un linge) contenu dans le fro-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXVI, p. 4.

ment, Reiset (1) nous a appris qu'elle pouvait varier de 10,7 à 17,9. Il a trouvé que la proportion de cendres variait de 1,8 à 2,3. D'après Millon (2), la proportion de gluten présente des variations encore plus considérables. Une espèce de froment lui a donné seulement 6 pour 100 de gluten, bien que la proportion qu'il a trouvée parût indiquer une quantité de matière albumineuse s'élevant à 10,3 pour 100. Pour une autre espèce de froment qui était également bonne, il n'a pas trouvé de gluten, bien qu'elle contînt une quantité d'azote qui paraissait indiquer 11,5 pour 100 de matière albumineuse.

Les travaux faits dans le but d'arriver à la connaissance de la composition du froment et de la farine de froment étaient donc loin de manquer. Cependant une analyse plus exacte du froment était d'autant plus nécessaire que, dans une des analyses antérieures, on a trouvé 1,7 pour 100 et, dans une autre, de 8 à 12 pour 100 de matières cellulaires.

Nous donnons ici une analyse d'Oudemans dans laquelle ce chimiste a analysé le grain de froment entier, précisément tel qu'il doit être pour pouvoir servir à la fabrication de la bière.

	GRAIN	
	NON DESSÉCHÉ.	DESSÉCHÉ.
Amidon	57,0	67,9
Dextrine	4,5	5,4
Matières cellulaires	6,1	7,2
Substances albumineuses	11,5	13,7
Matière grasse	1,8	2,1
Substances inorganiques	1,7	2,0
Eau	16,0	»
Autres matières	1,4	1,7
	100,0	100,0

Parmi les analyses faites dans ces dernières années, nous

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXIX, p. 22.

(2) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XXV, p. 352, et *Comptes rendus* t. XXXVIII, p. 12, 85 et 119.

avons choisi les meilleures. Les analyses de Polson s'accordent encore à très-peu près avec celles d'Oudemans. Boussingault et Péligot ont obtenu pour leurs déterminations de la cellulose des nombres évidemment erronés. Pour les autres parties constituantes du froment au contraire, on peut considérer les analyses d'Oudemans, de Boussingault, de Polson, de Péligot et de Fuss comme formant une représentation de la composition moyenne du froment.

Le sucre manque aussi dans le froment, et, pour ce qui concerne la nature des matières albumineuses qu'il contient, je m'expliquerai un peu plus loin sur leur nature.

En ce qui concerne enfin la quantité du froment, il ressort des analyses d'Oudemans et de Polson qu'on l'évalue en général à un chiffre trop élevé, dans le froment de même que dans les autres espèces de grains. Si, dans le grain à l'état sec, on a trouvé 7 pour cent de cellulose, il est impossible que la quantité de son s'élève à plus de 6 à 7 pour 100 : et encore, pour que cela pût être, il faudrait supposer que le son a été entièrement séparé des autres parties constituantes du grain. Même en tenant compte de la quantité de matière albumineuse contenue dans le son, on ne peut pas expliquer cette différence.

Weber (1) a fait, par la méthode si connue de H. Rose et sous sa direction, une analyse de cendre de froment : nous en signalerons une autre qui a été exécutée par Baer (2); Way et Ogston en ont opéré une troisième ; enfin nous en possédons une autre d'Herapath (3). Dans toutes ces analyses, on a du reste opéré sur des espèces de grains différentes. Je donnerai seulement ici les nombres entiers :

(1) Poggendorff, *Annalen*, t. LXXVI, p. 361.
(2) *Archiv der Pharm.*, 2e série, t. LXI, p. 267.
(3) *Journ. of the Roy. Agric. Soc. of England*, t. XI, p. 93.

TABLEAU :

Analyses de cendres de froment.

	WEBER.	BAER.	WAY ET OGSTON			HERAPATH.
			Hopeton wheat.	Creeping wheat.	Redstraw white wheat	
Potasse	23	27	33	31	28	35
Soude	3	»	»	»	0,6	3
Chlorure de potassium	»	1	»	»	»	»
— de sodium	10	»	»	»	»	»
Chaux	3	4	3	2	3	2
Magnésie	12	13	13	12	14	9
Sesquioxyde de fer	1	1	0,6	0,2	0,2	»
Acide phosphorique	46	46	47	46	50	50
— sulfurique	»	»	0,2	0,6	0,6	»
— silicique	1	8	3	5	2	»

D'après Weber, le froment desséché à l'air donne 1,28 pour 100 de cendres.

D'après Way et Ogston, le hopeton wheat, le creeping wheat et le redstraw white wheat, préalablement desséchés, donnent tous les trois 2 pour 100 de cendres.

D'après Herapath, le froment desséché donne 2,3 pour 100 de cendres.

Weber seul a trouvé du chlorure de sodium dans les cendres de froment.

D'après Will et Fresenius, Bichon, Thon, Petzhold, Erdmann et Boussingault (1), la composition des cendres de froment est la suivante :

(1) *Ann. der Chemie und Pharm.*, t. L, p. 363; t. LIV, p. 355; t. LX, p. 361.

TABLEAU:

	WILL et FRESENIUS.		BICHON.	THON.	PETERSOLD.	BOUSSINGAULT. Bechelbronn.	REDMANN.
	Froment roux.	Froment blanc.					
Potasse	21,9	33,8	6,4	24,2	25,8	30,1	25,9
Soude	15,8	»	27,8	10,3	2,7	»	0,4
Chaux	1,9	3,1	3,9	3,0	1,5	3,0	1,9
Magnésie	9,6	13,5	13,0	13,6	12,2	16,3	6,3
Sesquioxyde de fer	1,4	0,3	0,5	0,5	0,2	»	1,3
Acide phosphorique	49,3	49,2	46,1	45,5	57,3	48,3	60,4
— sulfurique	0,2	»	0,3	»	0,04	1,0	»
— silicique	»	»	0,4	1,9	0,3	1,3	3,4

Dans les analyses de Bichon et de Thon, la détermination des oxydes alcalins est inexacte.

Nous possédons, par conséquent, une connaissance suffisamment exacte de la composition des cendres de froment. En général, cette composition s'accorde avec celle des cendres d'orge. Cependant il existe dans le froment une quantité d'acide silicique beaucoup plus faible. On pouvait déjà prévoir ce résultat en observant la différence que présente l'enveloppe corticale de ces deux sortes de grains.

III. Examen comparatif approfondi de l'orge et du froment.

Dans ce qui précède, nous avons donné un aperçu des principales parties constituantes de l'orge et du froment, et des quantités relatives de ces parties constituantes que l'on trouve dans ces grains. Mais si nous voulons pouvoir répondre à certaines questions dont l'explication ne peut pas être mise de côté, nous devons entrer dans certaines particularités plus intimes que présente la composition de ces deux sortes de grains.

C'est seulement en passant que nous devons nous arrêter sur la différence qui existe entre l'orge et le froment; en effet, avec chacune de ces deux sortes de grains, on peut préparer une très-bonne bière, et parmi les raisons pour lesquelles on n'emploie pas plus généralement le froment pour la

préparation de la bière, le prix élevé de ce dernier n'est certainement pas celle qui a le moins de valeur. Pour fabriquer les bières belges, on ajoute à l'orge une quantité considérable de froment et la quantité que l'on ajoute doit être d'autant plus considérable que l'on veut préparer une bière plus forte. On emploie, dans ce cas, le froment, soit à l'état de grain non germé, soit à l'état de malt, soit à l'état de mélange de grain non germé et de malt.

Nous devons au contraire examiner avec soin les parties constituantes les plus importantes de ces deux sortes de grains, en nous attachant surtout aux différences. Le plus souvent, on considère comme le principe actif la substance que l'on nomme brièvement le gluten, le gluten de Beccaria que l'on obtient en malaxant la farine sous l'eau, et on ne tient aucun compte de toutes les autres substances albumineuses, ou bien on ne leur reconnaît qu'une valeur exceptionnelle. Mais on rencontre encore dans le grain d'autres substances albumineuses que celles qui existent dans le gluten, et, de plus, le gluten est un mélange dans lequel, outre une certaine quantité d'amidon et de matières cellulaires qui ne peut jamais en être séparée (à moins de dissocier les éléments du mélange et de cesser d'admettre le *gluten*, cette soi-disant *fibrine végétale*), il existe encore des substances albumineuses de différentes natures.

A ce point de vue, la physiologie animale a été plus favorisée que la physiologie végétale : en effet on a mieux observé la différence précise des formes sous lesquelles les substances albumineuses existent dans l'organisme animal qu'on ne l'a fait pour les substances albumineuses végétales.

Dans nos analyses, nous ne devons pas nous contenter d'indiquer seulement de la fibrine végétale, du gluten, lorsqu'il est question des substances albumineuses contenues dans les grains; mais nous devons les distinguer autant que cela est possible. Dans les matières albumineuses, le mode d'action est précisément en relation avec la forme qu'elles affectent.

On distingue, comme existantes dans le règne végétal, cinq substances albumineuses différentes : 1° la *légumine*, soluble dans l'eau et précipitable par l'acide acétique; 2° l'*albumine végétale soluble*, soluble dans l'eau, coagulable par la chaleur; 3° l'*albumine végétale insoluble*, insoluble dans l'eau, soluble

dans une dissolution étendue de potasse; 4° la *glutine*, soluble dans l'alcool et précipitable de sa dissolution par évaporation; 5° la *mucine*, soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'acide acétique et dans l'alcool concentré.

Je ne crois pas qu'il soit nécessaire de désigner deux des cinq substances indiquées ci-dessus, sous les noms de *caséine végétale* et de *fibrine végétale*; il a toujours été douteux pour moi que Liebig ait sérieusement réfléchi à ces dénominations.

Je renvoie à Berzelius (1) ceux qui voudront connaître mieux la manière dont ces cinq substances se comportent à l'égard des réactifs.

C'est sur la mucine que l'attention a été le moins dirigée jusqu'ici, bien qu'elle paraisse être précisément la substance qui joue le rôle le plus important. Elle est du reste probablement un produit de décomposition d'autres matières. La mucine est, suivant de Saussure, la substance qui reste en dissolution, lorsqu'on traite par l'alcool bouillant le gluten de Beccaria (ou bien la substance élastique qui reste sur le linge lorsqu'on malaxe la farine sous l'eau après l'avoir enveloppée dans un linge) et lorsque, après avoir ajouté de l'eau, on sépare l'alcool par distillation.

Si l'on mélange la farine d'orge ou la farine de froment avec de l'eau de manière à en former une pâte, la pâte obtenue dans le dernier cas est beaucoup plus élastique; cela est une preuve évidente qu'elle contient plus de glutine. Si l'on malaxe cette pâte sous l'eau dans un linge, il reste sur le linge, dans le cas où la pâte a été faite avec du froment, une plus grande quantité de matière élastique, et cette matière élastique contient, entre autres substances, de la glutine et de l'albumine végétale insoluble; dans le cas de l'orge au contraire, on peut faire passer presque toute la masse au travers d'un linge du tissu même avec lequel on a obtenu dans le cas du froment un résidu si considérable (p. 26).

Cette expérience si simple paraît déjà indiquer une grande différence entre les substances albumineuses de l'orge et celles du froment; elle nous démontre évidemment qu'il existe dans le froment plus de glutine que dans l'orge; elle nous apprend en outre qu'il existe dans le froment une quantité considéra-

(1) *Lærbuch*, 1837, t. VI, p. 447.

ble de substance albumineuse insoluble, et qu'il se trouve au contraire dans l'orge une très-petite quantité de substance albumineuse insoluble.

Cela paraît ainsi, bien que cela ne soit pas réellement. Il est bien exact que l'orge contient une quantité de glutine moins considérable que le froment, mais cette différence ne peut pas être la seule cause déterminante de la différence dans la proportion du gluten (c'est-à-dire du résidu qui reste sur le linge lorsqu'on malaxe l'orge et le froment sous l'eau).

L'expérience que nous indiquons ici, n'est pas nouvelle; elle n'est qu'une répétition de celle que Einhoff avait déjà indiquée il y a un grand nombre d'années, mais qu'on avait oubliée pendant la période quantitative de la chimie physiologique. Dans la troisième édition du traité de Berzelius (1), dans l'endroit où il est question du seigle et de l'orge, on trouve indiqué que, lorsqu'on les malaxe tous deux dans un linge sous l'eau, ils donnent une quantité de soi-disant fibrine végétale bien moindre que le froment, et que cela vient de ce que, dans le seigle et dans l'orge, la plus grande partie de la glutine, ou bien se dissout dans l'eau, ou bien reste en suspension dans ce liquide à un état de très-grande division. Berzelius observe en outre que, dans l'orge, la glutine est si intimement combinée avec l'amidon que l'on ne peut pas opérer leur séparation, même par la digestion avec une dissolution d'hydrate de potasse. Berzelius remarque encore que la glutine, extraite par le même procédé, de l'orge et du seigle, est bien moins visqueuse dans le premier cas que dans le second et que l'on obtient au moyen de l'orge une quantité de glutine bien plus faible qu'au moyen du seigle (2).

Si l'on malaxe avec de l'eau le froment et l'orge préalablement moulus, si on laisse reposer la masse pendant quelque temps et si on filtre ensuite d'abord au moyen d'un linge, puis au moyen d'un filtre en papier, on obtient une liqueur qui

(1) *Lehrbuch*, 1837, t. VI, p. 458.

(2) On prépare, suivant Berzelius (*ibid.*, p. 459), la glutine au moyen du grain d'orge non arrivé à maturité en agitant avec de l'eau l'orge préalablement moulue et en laissant ensuite déposer. La liqueur trouble, séparée ainsi de la cellulose et de l'amidon, est décantée au moyen d'un siphon, puis filtrée; la glutine, soluble dans l'alcool, reste sur le filtre; en faisant bouillir d'autre part la liqueur filtrée, on peut en précipiter l'albumine qui y restait dissoute.

contient toujours une certaine quantité de matière grasse et qui, par suite, est toujours opaline. Des filtrations réitérées au travers du meilleur papier à filtre n'empêchent pas la liqueur d'être ainsi opaline; mais cette opalinité ne présente aucun inconvénient pour les expériences ultérieures.

Une première particularité sur laquelle je dois m'arrêter, est la manière dont cette infusion aqueuse se comporte à froid à l'égard de l'acide acétique qui produit un précipité dans l'infusion d'orge et dans l'infusion de froment : dans le cas où l'on a employé l'orge, le précipité se rassemble de suite au fond du vase ; dans le cas du froment, le précipité ne se rassemble qu'au bout de quelque temps.

Il existe donc dans le froment, ainsi que dans l'orge, une substance albumineuse qui appartient à la classe des substances qui sont précipitées par l'acide acétique : les raisons pour lesquelles on doit distinguer cette substance de la légumine, sont les suivantes. Si l'on fait bouillir les infusions aqueuses froides de froment et d'orge, elles deviennent toutes deux troubles : ce qui provient de la séparation de certaines substances albumineuses coagulables par l'action de la chaleur. Si on neutralise exactement par la potasse la liqueur claire dont s'est précipitée par l'action de l'acide acétique la soi-disant légumine que l'on a recueillie sur un filtre et si on fait bouillir, il ne se produit aucune trace de précipité.

Cette substance est donc une substance albumineuse qui est coagulable par l'action de la chaleur et qui est précipitable par l'acide acétique, mais qui, dans mon opinion, n'est pas de la légumine. En effet, l'infusion aqueuse froide de pois chiches par exemple, se coagule par l'action de la chaleur et, après qu'elle a été filtrée, l'acide acétique produit encore dans la liqueur claire un précipité abondant. Si, d'autre part, on précipite l'infusion aqueuse de lentilles par l'acide acétique, si on filtre et si on neutralise exactement la liqueur par la potasse, il se forme par l'action de la chaleur, un précipité. Liebig a donc raison, lorsqu'il admet, contrairement à l'opinion de Dumas et de Lehmann, que la légumine n'est pas coagulable par l'action de la chaleur.

Le précipité produit par l'action de l'acide acétique dans l'infusion de froment et d'orge n'est donc pas de la légumine, mais une autre substance albumineuse qui partage avec la lé-

gumine la propriété de se précipiter par l'action de la chaleur. Comme le précipité qui se produit par l'action de l'acide acétique dans les infusions aqueuses froides de froment et d'orge, est entièrement identique avec celui que l'on obtient en coagulant par la chaleur les infusions de froment et d'orge, nous n'avons pas besoin de faire une détermination spéciale de cette soi-disant légumine. On en obtient la quantité en déterminant la quantité des substances albumineuses qui se précipitent lorsqu'on fait bouillir les infusions aqueuses de ces grains.

Cette simple expérience fait connaître entre l'albumine animale et l'albumine végétale, toutes deux solubles dans l'eau et coagulables par l'action de la chaleur, une différence qui permet de distinguer au moins l'albumine animale de l'albumine végétale du froment et de l'orge : en effet l'albumine des œufs de poule n'est pas précipitée par l'acide acétique.

Mais on peut encore faire d'autres observations sur la nature ou du moins sur les propriétés des substances albumineuses solubles dans l'eau que l'on rencontre dans le froment et dans l'orge. En effet une très-petite quantité seulement des substances albumineuses solubles que l'on rencontre dans ces deux espèces de grains, est coagulable par la chaleur, tandis qu'une quantité beaucoup plus considérable de ces substances n'est précipitable, ni par l'action de la chaleur, ni par l'action de l'acide acétique; il existe donc une espèce d'albumine végétale que l'on avait jusqu'ici trop laissée de côté et qui est peut-être celle qui joue le rôle le plus important.

Afin que l'on comprenne mieux ce qui va suivre, je rappellerai ici qu'Oudemans a trouvé (p. 40 et p. 25), dans le froment desséché à l'air, en tout 11,5 pour 100 et, dans l'orge, 9,7 pour 100 de substances albumineuses. Les analyses qui ont été déjà indiquées, ainsi que celles qui vont suivre, ont toutes été opérées sur de la farine obtenue par la mouture du grain d'orge et du grain de froment entiers en y comprenant leur enveloppe corticale.

Les infusions aqueuses froides de froment et d'orge se troublent par l'ébullition, ainsi que nous l'avons déjà indiqué. Si l'on évapore les deux liqueurs, il se sépare de la dissolution obtenue au moyen du froment de gros flocons d'albumine coagulée; dans la dissolution obtenue au moyen de l'orge, la sé-

paration ne se produit pas avant que tout soit presque évaporé.

100 parties de froment et 100 parties d'orge donnent, en substances coagulables:

Froment	0,26
Orge	0,28

La liqueur filtrée, claire, a donné par évaporation un résidu dans lequel Vlaanderen a déterminé la quantité d'azote. En admettant 15,5 pour 100 d'azote dans les substances albuminoïdes, on en déduit, par le calcul, pour la quantité de substances albumineuses, solubles dans l'eau, non coagulables par la chaleur, contenues dans 100 parties des deux espèces de grains:

Froment	1,55
Orge	1,55

Nous devons maintenant rechercher quelle est exactement la nature de ces dernières substances. Ne sont-elles pas entièrement exemptes de substances albumineuses coagulables (et par suite aussi de substances albumineuses coagulées)? Vers la fin de l'évaporation, on observe, même pour le froment, la séparation d'une nouvelle quantité de particules solides qui sont toutefois essentiellement différentes des flocons qui se sont séparés d'abord. Ces particules solides, floconneuses, prennent positivement naissance dans le cas du froment par l'ébullition régulière de la liqueur sans que leur quantité augmente avant que la liqueur soit arrivée à une consistance sirupeuse. Ces flocons ne constituent cependant pas la totalité des substances albumineuses contenues dans le résidu ; en effet, il n'y en a qu'une très-petite quantité.

Ainsi les dissolutions aqueuses, claires, qui restent après que l'on a fait bouillir les infusions de froment et d'orge préparées à froid et que l'on en a séparé ainsi les substances albumineuses coagulables, donnent, en continuant l'évaporation, outre la dextrine et d'autres substances, d'abord des traces évidentes d'une autre substance albumineuse coagulable. Comme, d'autre part, la glutine, bien que peu soluble dans l'eau, n'y est pas entièrement insoluble, cette dissolution doit en contenir aussi une petite quantité. Mais la preuve de ce que j'avance, rencontre des difficultés insurmontables ; en effet la glutine est décomposée par tous les traitements qu'on lui fait

subir pour en reconnaître la présence, et notamment par l'évaporation à une température élevée.

Les dissolutions aqueuses, claires, présentent les réactions suivantes.

Le prussiate jaune de potasse, le sublimé, l'acide nitrique étendu, l'acide sulfurique démontrent qu'une quantité très-considérable de substance albumineuse s'y trouve en dissolution. Le précipité pourrait bien être de la glutine : mais la manière dont il se comporte à l'égard de l'acide nitrique, prouve que c'est une autre substance que la glutine. L'acide nitrique concentré fait prendre à la dissolution une couleur jaune qui devient plus intense lorsqu'on chauffe légèrement et lorsqu'on ajoute de l'ammoniaque, ce qui est une preuve de la présence d'une substance albumineuse. L'acétate neutre de plomb produit un précipité blanc : le sulfate de sesquioxyde de fer réagit de même, le précipité produit est insoluble dans l'acide acétique. Ces deux précipités sont du phosphate de plomb et du phosphate de fer. L'eau de chaux produit également un précipité blanc qui est du phosphate de chaux.

Du reste, ces deux dissolutions présentent une réaction acide bien nette, surtout celle qui provient de l'infusion d'orge et ne dégagent pas d'ammoniaque lorsqu'on les mélange avec une dissolution de potasse peu concentrée.

Les cendres qui restent comme résidu après l'évaporation et la combustion des matières organiques, ne possèdent pas une réaction acide.

Nous pouvons donc, dans ces dissolutions claires, découvrir au moyen des réactifs, des sels inorganiques et entre autres des phosphates, de la dextrine et une trace d'acide libre; les réactifs démontrent de plus qu'il ne s'y trouve aucune combinaison ammoniacale, mais qu'il y existe une certaine quantité de substances albumineuses. Dans ces dernières, il peut se trouver une trace de glutine. La réaction faiblement acide de la liqueur permet de supposer que la présence d'une petite quantité d'acide organique libre est la cause pour laquelle des substances albumineuses qui sont, du reste, coagulables, ont été maintenues en dissolution. En effet lorsqu'on neutralise la liqueur par une petite quantité d'ammoniaque et lorsqu'on chauffe ensuite le tout, il se sépare de nouveau une certaine quantité d'albumine.

Nous sommes donc en présence d'une substance albumineuse coagulable que la présence d'un acide maintient en dissolution. Je n'ai pas examiné quel est cet acide : il ne paraît cependant pas être volatil. Cette dernière substance albumineuse ne constitue du reste pas encore, avec une trace de glutine, tout ce que la liqueur contient de substances albumineuses : la plus grande partie est représentée par une troisième substance. Si on additionne la liqueur d'une petite quantité d'ammoniaque, si on chauffe et si, après la coagulation de la substance albumineuse citée en dernier lieu, on ajoute de l'acide nitrique, il se produit dans la liqueur claire dans laquelle les flocons de substance albumineuse coagulée sont en suspension, un trouble laiteux que l'on doit attribuer à la présence d'une quantité considérable d'une substance albumineuse particulière.

Les infusions aqueuses froides de froment et d'orge contiennent donc les substances albumineuses suivantes :

1° Une substance albumineuse, coagulable par la chaleur ou par l'acide acétique ;

2° Une substance albumineuse qui est maintenue en dissolution par la présence d'un acide, mais qui devient coagulable par l'action de la chaleur dès que l'acide est neutralisé par un alcali ;

3° Des traces incontestables de glutine. En effet cette substance n'est pas entièrement insoluble dans l'eau ;

4° Une quantité considérable d'une substance albumineuse soluble, qui n'est pas coagulée par la chaleur, mais qui est précipitée par l'acide nitrique.

Peut-être cette dernière substance albumineuse doit-elle, au point de vue de l'énergie de son action, être considérée comme la plus importante de toutes les matières albumineuses que l'on rencontre dans ces grains. Les quatre substances albumineuses que nous venons d'indiquer, constituent ensemble une quantité totale de substances albumineuses dont nous avons donné la valeur (p. 48 et 49). Les trois dernières s'élèvent à un chiffre égal dans le froment et dans l'orge, à environ 1 $^1/_2$ pour 100, et cette quantité est loin d'être sans valeur. — En ajoutant à ce chiffre celui qui représente la quantité de la substance albumineuse coagulable par l'action de la chaleur, nous obtenons en 100 parties :

Froment.....	0,26 + 1,55 = 1,81	Substances albumineuses solubles dans l'eau froide.
Orge.....	0,28 + 1,55 = 1,83	

Et il est évident que ces substances albumineuses solubles dans l'eau froide ne constituent pas une petite partie de la quantité de ces substances qui est contenue dans les grains. Celui qui se borne à déterminer le gluten de ces sortes de grains, laisse donc de côté les substances albumineuses que nous venons d'indiquer et dont la quantité s'élève à peu près à 2 pour 100.

Après avoir appris à mieux connaître les substances albumineuses du froment et de l'orge qui sont solubles dans l'eau froide, il est nécessaire d'examiner avec attention celles qui sont solubles dans l'alcool. Je citerai d'abord la glutine que l'on ne doit pas confondre avec le gluten. La glutine est une partie constituante du gluten dont on l'extrait au moyen de l'alcool. D'après De Saussure, elle est mélangée avec de la mucine (p. 45).

Pour obtenir la glutine, Vlaanderen a épuisé par l'alcool à 0,81 les grains préalablement moulus. En opérant ainsi, il ne se perd pas de glutine, tandis qu'il s'en perd toujours lorsqu'on commence par préparer le gluten de Beccaria en malaxant le grain sous l'eau. — On évapore l'alcool; on mélange avec de l'eau le résidu de l'évaporation et on traite par l'éther la glutine précipitée. La quantité de glutine desséchée que l'on obtient ainsi pour 100 de grains, est :

Froment.....	0,420
Orge.....	0,280

La dissolution aqueuse de l'extrait alcoolique devrait contenir la mucine : mais il n'a pas été possible d'en trouver aucune trace. Cette dissolution évaporée jusqu'à siccité, a donné une quantité de matières solides qui, pour 100 parties, s'élève à :

Froment.....	1,256
Orge.....	0,972

Mais, ces substances traitées de la manière qui a été indiquée par Berzelius, ne donnent aucune trace de précipité lorsqu'on les traite par un mélange d'acide acétique et d'alcool faible. Un traitement du grain par l'alcool seul est donc le moyen le plus sûr d'empêcher la transformation des groupe-

ments organiques, et comme, en opérant ainsi, on n'a pu trouver dans le froment, ni dans l'orge, aucune trace de la mucine de De Saussure, je suis porté à croire que la mucine de De Saussure est un produit de décomposition. En outre, la mucine de De Saussure est un mélange : c'est positivement l'extrait alcoolique du grain, moins la glutine (1).

Quelles sont les parties constituantes que contiennent ces 1,256 dans le froment et ces 0,972 dans l'orge? Le grain était épuisé, tel qu'il était, par l'alcool bouillant et l'extrait alcoolique était séparé de la glutine au moyen de l'eau. Ces nombres représentent donc tout ce qui, dans les grains dont nous nous occupons, est soluble dans l'alcool et peut être en outre dissous dans l'eau.

Nous devons surtout mettre au premier rang la dextrine dont, ainsi que nous l'avons déjà indiqué (p. 14), une trace peut se dissoudre dans l'alcool. Pour le froment comme pour l'orge, elle s'élève à 0,2 pour 100.

Nous devons donc compter, en plus de ce que nous avons déjà indiqué, pour le froment 1 pour 100 et pour l'orge 0,8 pour 100 de parties constituantes solubles dans l'alcool. — Comme la dissolution devient brun-foncé lorsqu'on l'évapore, nous devons y admettre une de ces substances qui sont si répandues dans tout le règne végétal et qui sont comprises sous la dénomination générale de matières extractives. Il s'y trouve en outre des substances inorganiques.

Le sublimé produit un précipité dans la dissolution aqueuse des substances provenant du froment; l'acide tannique, l'acide nitrique, l'acide sulfurique et le sulfate de sesquioxyde de fer se comportent de même. Si l'on fait perdre à la liqueur sa réaction acide en la saturant par l'ammoniaque et si l'on fait ensuite bouillir, il se sépare une substance floconneuse : en résumé, on rencontre dans cette dissolution quelques réactions qui indiquent la présence d'une ou de plusieurs substances albumineuses solubles qui sont mélangées entre elles, et qui ne sont qu'en très-petite quantité, comme on pouvait déjà le supposer d'après le mode de traitement que l'on avait fait subir au grain et d'après l'incomplète insolubilité de ces matières

(1) Nous avons déjà indiqué, p. 18, qu'Oudemans a trouvé dans une autre orge et dans un autre froment 0,7 et 0,8 pour 100 d'extrait alcoolique.

dans l'alcool. Mais comme nous avons examiné aussi bien que possible les substances que contient l'infusion aqueuse préparée à froid et comme nous avons en outre montré en même temps ce qu'il y avait à répondre à la supposition que la mucine de De Saussure s'y trouvait, la connaissance approfondie de ce que ce résidu contient ne peut être pour nous d'aucune importance.

Une particularité qui a donné matière à de nombreuses controverses, c'est que les substances dont nous avons parlé en dernier lieu ont une saveur douce et opèrent avec beaucoup d'énergie la réduction du réactif cuivrique. Comment ce fait peut-il s'accorder avec l'absence du sucre dans le froment? Il est facile de s'en rendre compte. Il s'est dissous dans l'alcool, en même temps que les autres substances, une petite quantité de dextrine: cette dextrine a subi avec les autres substances tous les traitements auxquels elles ont été soumises et elle a été enfin évaporée avec les matières albumineuses dont il existe des traces dans cette dissolution ainsi que nous l'avons déjà indiqué, et ce sont ces traces de matières albumineuses qui, en se décomposant, déterminent la transformation de la dextrine en sucre.

Bien loin d'être pour nous un embarras, la présence du sucre dans cette liqueur doit plutôt nous être utile pour expliquer la production de la substance que l'on désigne actuellement sous le nom de diastase. — La liqueur que nous examinons en ce moment, est dans un état éminemment convenable pour que la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre puisse s'y opérer. Cependant cela n'est vraiment pas douteux, ainsi que nous le démontrerons plus tard.

Faisons d'abord le compte des quantités trouvées. Les grains avaient été préalablement desséchés à l'air. D'après les analyses d'Oudemans, il existe en tout dans 100 parties d'orge 9,7 et dans 100 parties de froment 11,5 de substances albumineuses.

D'autre part, les résultats indiqués en dernier lieu donnent:

	Orge.	Froment.
Soluble dans l'eau.....	1,83	1,81
Insoluble dans l'eau.....	7,87	9,69
	9,7	11,5
Soluble dans l'alcool.....	0,28	0,42

(Les substances solubles dans l'alcool dont la nature ne peut pas être nettement déterminée, n'ont pas été indiquées ici.)

Comme du reste la glutine, lorsqu'elle n'est pas altérée, est insoluble dans l'eau, nous pouvons répartir ainsi les substances albumineuses contenues dans 100 parties d'orge et de froment.

	Orge.	Froment.
Glutine, soluble dans l'alcool, insoluble dans l'eau.	0,28	0,42
Substances albumineuses solubles dans l'eau et coagulables	0,28	0,26
Deux substances albumineuses solubles dans l'eau, non coagulables	1,55	1,55
Substances albumineuses insolubles dans l'eau et dans l'alcool	7,59	9,27
	9,7	11,5

Une petite quantité des deux substances indiquées en troisième lieu est maintenue en dissolution par un acide, en sorte que, si on sature l'acide par un alcali, elle devient aussi coagulable par l'action de la chaleur.

Il reste encore à répondre à une question importante : quelle est la nature de la substance que De Saussure a désignée sous le nom de mucine? Nous avons remarqué (p. 52) que nous n'avons pas réussi à l'obtenir par la méthode que nous croyions convenable pour la préparer. Elle ne prend pas naissance dans le traitement direct des grains par l'alcool, cela est évident; et, de plus, il ne se produit ainsi que très-peu de glutine, si peu que, lorsqu'on rapproche cette quantité de la masse de gluten que donne le froment lorsqu'on le malaxe sous l'eau, on est porté à admettre qu'il est nécessaire d'ajouter de l'eau aux deux espèces de grains, avant de les traiter par l'alcool, pour qu'il puisse se produire de la glutine et peut-être aussi de la mucine. 1 kilog. de farine de froment, malaxé avec soin sous l'eau, a donné une grande quantité de gluten à l'état brut. En y recherchant la glutine par la méthode indiquée (p. 52), on n'a pu en trouver que 4gr,2.

En opérant sur de la fleur de farine, c'est-à-dire sur du blé bluté, provenant d'une autre espèce de froment, on a obtenu 2,72 pour 100 de gluten brut, humide, qui, par la dessiccation, ont été réduits à 11 pour 100. — Le gluten brut, préparé au moyen de cette fleur de froment, a été épuisé par l'alcool :

la quantité de fleur de froment employée était de 1 kilog., en sorte que la quantité de gluten brut, humide, que l'on a obtenue, était de 272 gr. qui ont été entièrement épuisés par de l'alcool d'une densité de 0,81.

Pour obtenir ce résultat, il a fallu employer une quantité d'alcool montant à 7 litres, et ce n'est qu'au bout d'un temps très-long que la matière a été complétement épuisée : après que, enfin, l'alcool bouillant eut cessé de dissoudre une parcelle quelconque de la matière, il restait encore une quantité de matières solides insolubles assez considérable pour que la matière ne parût avoir subi aucune diminution par ce traitement. Je me souviens que le gluten était très-élastique et que, par suite, on ne pouvait pas prétendre que nous avions opéré sur une fleur de farine qui contenait peu de gluten.

Le résultat était encore le même ; le gluten, considéré à l'état sec, a encore donné 4 pour 100 de matière soluble dans l'alcool : 96 pour 100 étaient insolubles dans l'alcool.

De Saussure (1) avait trouvé pour le gluten de froment la composition suivante :

Albumine insoluble.....	72 à 75 p. 100
Glutine.....	20 p. 100
Mucine.....	4 p. 100

D'où vient une différence aussi considérable ? Nous avons employé, dans nos expériences, de l'alcool d'une densité de 0,81, Si l'on emploie un alcool plus faible, une plus grande quantité de gluten se dissout.

Trois doses séparées de 100 parties d'un gluten dont la proportion d'eau n'était pas connue, ont été épuisées :

a	par de l'alcool d'une pesanteur spécifique	de 0,81
b	—	de 0,85
c	—	de 0,92

Le résidu insoluble desséché à 120°, était pour

a.....	44 p. 100
b.....	35 —
c.....	34 —

Nous voyons par ces résultats que l'alcool faible enlève au gluten brut une proportion de matière plus forte que ne le

(1) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LIII, p. 260.

fait l'alcool concentré. Par nos expériences précédemment indiquées, nous avons trouvé 4 pour 100 de glutine dans le gluten sec : il y a par conséquent une différence de 22 pour 100 lorsqu'on réduit ces nombres à ce qu'ils doivent être pour la substance à l'état sec. En employant l'alcool d'une densité de 0,92, nous avons donc dû, au lieu de 4 pour 100, trouver 26 pour 100, nombre qui se rapproche plus ou moins de la quantité de 20 pour 100 trouvée par De Saussure. Il est donc nécessaire d'employer de l'alcool concentré, parce que, en employant de l'alcool faible, une quantité de plus en plus grande des matières insolubles dans l'alcool se dissout, et cette quantité est proportionnelle à la diminution de la concentration de l'alcool.

Comme il s'agit ici de séparer une substance qui est soluble dans l'alcool, on doit employer seulement l'alcool concentré et non l'alcool étendu.

Non-seulement on s'explique ainsi que De Saussure n'ait pas connu la glutine pure, mais on trouve en outre le motif de la grande différence des propriétés que les uns ou les autres ont attribuées à la substance qu'ils ont considérée comme étant de la glutine. Comme nous l'avons vu, l'alcool dissout, suivant son degré de concentration, différentes proportions de glutine et d'albumine insoluble.

Si l'on fait bouillir avec de l'alcool concentré le gluten à l'état brut, il se durcit très-rapidement ; mais si l'on emploie de l'alcool étendu, le gluten conserve sa consistance molle : et il ne me paraît pas douteux que, si l'on prend de l'alcool encore plus étendu que celui dont je me suis servi, il doit se dissoudre dans la liqueur bouillante une quantité de plus en plus grande de la substance. En outre, on sait que, plus il existe d'eau dans la liqueur bouillante, plus l'albumine insoluble a de la tendance à se transformer par l'ébullition en une autre matière qui se produit par sa décomposition. Le gluten brut n'est pas la seule substance qui se décompose ainsi : toutes les substances albuminoïdes, fibrine, albumine, caséine, se comportent de même. Elles cèdent toutes à l'eau bouillante et à l'alcool étendu une quantité de matière d'autant plus grande que l'ébullition a été prolongée pendant un temps plus long.

D'après le mode d'opérer de De Saussure, il devait donc y avoir aussi, dans la substance qu'il désignait sous le nom de glutine,

de l'albumine insoluble et en outre des produits de décomposition qui avaient pris naissance par l'ébullition prolongée de la substance avec l'eau ou avec l'alcool faible.

Les propriétés de la mucine, telles qu'elles ont été indiquées par De Saussure (1), sont les suivantes : substance grenue, transparente, adhérente au verre, insoluble dans l'éther, qui donne en brûlant la même odeur que les substances animales. Lorsqu'on traite par l'eau la mucine brute telle qu'on l'obtient par une première opération, les trois quarts restent insolubles : ce résidu insoluble est évidemment de la glutine. — 100 parties d'eau ne dissolvent que 4 parties de mucine ainsi purifiée. La dissolution chaude, claire, se trouble par le refroidissement. Dans une dissolution qui contient 2 pour 100 de mucine, l'infusion de noix de galles et de sulfate de sesquioxyde de fer produit des précipités abondants; l'alcool, les carbonates alcalins et l'oxalate d'ammoniaque au contraire ne donnent que des précipités peu considérables : l'ammoniaque, l'eau de chaux, l'eau de baryte, les acétates de plomb neutre et basique, le sublimé et le prussiate jaune de potasse ne donnent que des précipités à peine sensibles. La dissolution aqueuse de glutine se putréfie rapidement et présente alors une réaction alcaline.

Le gluten de froment contient, suivant De Saussure, 1 pour 100 au plus d'une substance qui présente les propriétés que nous venons d'indiquer, le gluten et la substance étant pris à l'état anhydre.

Si l'on examine attentivement la manière dont De Saussure a obtenu sa mucine, on ne peut plus douter qu'elle ne soit un produit de décomposition. Il faisait bouillir du gluten non desséché (avait-il été récemment préparé ou bien était-il resté exposé à l'air ?) à plusieurs reprises avec de l'alcool : il filtrait la dissolution bouillante. Il additionnait ensuite la liqueur d'un volume égal d'eau et il évaporait le tout au bain-marie jusqu'au 1/16 de son volume : il l'éclaircissait par l'agitation et par des additions ultérieures d'eau pendant l'évaporation (il chauffait donc le tout pendant longtemps au contact de l'air) jusqu'à ce que la dissolution fût claire après le refroidissement. On filtre alors pour séparer ce qui est resté

(1) *Bibliothèque universelle de Genève*, 1833, juillet, p. 200.

insoluble et on évapore jusqu'à siccité la dissolution claire.

C'est ainsi que la mucine a été préparée par De Saussure. Il est incontestable, d'une part, que cette substance est un mélange et, d'autre part, qu'elle est un produit de la décomposition de la glutine qui a été soumise au contact de l'air à un traitement prolongé par l'alcool chaud et par l'eau chaude.

Dans les recherches faites dans le laboratoire d'Utrecht, nous avons évité avec soin de chauffer pendant longtemps et à différentes reprises la glutine avec l'eau : en effet toutes les matières albuminoïdes sont précisément modifiées par ce traitement : la fibrine et l'albumine des œufs, lorsqu'on les chauffe en présence de l'eau, abandonnent par exemple à cette eau un tiers de matières solubles. Dans les expériences faites sous ma direction, on faisait bouillir la farine et le gluten avec de l'alcool : on filtrait la liqueur chaude et on séparait la plus grande partie de l'alcool par évaporation. On ajoutait ensuite de l'eau; on chauffait pendant quelque temps et on séparait par filtration la partie dissoute de celle qui ne s'était pas dissoute.

Résumant en peu de mots le résultat de nos expériences, nous dirons que, si l'on opère de manière que la glutine ne puisse pas être décomposée, on n'obtient pas la mucine de De Saussure.

Nous ajouterons que la mucine de De Saussure présente quelques propriétés communes avec la substance qui passe dans la dissolutiou aqueuse lorsqu'on fait bouillir la fibrine ou l'albumine avec de l'eau (1).

Nous ne devons pas omettre de nous occuper ici des substances que Berzelius (2) a distinguées dans le gluten. Nous ferons spécialement mention d'une substance mucilagineuse qui se gonfle dans l'acide acétique et qui reste insoluble lorsqu'on traite la combinaison acétique par l'alcool faible, tandis que la glutine au contraire se dissout. Cette substance ne paraît avoir rien de commun avec la mucine de De Saussure. Je n'ai réussi à reconnaître dans la substance mucilagineuse de Berzelius aucune substance autre que de l'albumine insoluble.

(1) *Scheik. Onder.*, deel. I, p. 573, 1842.
(2) *Lehrb.* Bd. VI, 1837, s. 453.

Nous devons encore attirer l'attention sur la réaction particulière qui suit. L'alcool bouillant, quel que soit son degré de concentration, mais surtout l'alcool faible, dissout une partie de la matière insoluble qui se sépare de nouveau par le refroidissement sans avoir subi aucune modification. — Cette substance est la même que celle qui, ainsi que nous l'avons déjà indiqué précédemment, bouche les pores du filtre et dont la dissolution s'opère surtout dans le premier traitement du gluten brut, ce qui vient de ce que le gluten brut contient une grande quantité d'eau et de ce que, par suite, l'alcool concentré devient étendu. Cette substance qui se précipite par le refroidissement, est par elle-même insoluble dans l'alcool. Elle se rapproche de la glutine par ses propriétés. Dumas (1) désigne avec raison sous le nom de glutine la substance insoluble dans l'alcool froid.

Cette substance est en effet de la glutine : c'est ce qui résulte de ce que la farine de froment traitée par l'alcool froid, perd entièrement la faculté de donner du gluten de Beccaria.

Lorsqu'on traite par l'acide acétique concentré le gluten de Beccaria récemment préparé, on voit se produire une masse considérable de la substance que Berzelius décrit comme étant un mélange particulier de glutine. La totalité de la masse consiste en une matière mucilagineuse qui n'est que de l'albumine insoluble mélangée avec une petite quantité de glutine. On a opéré ici sur du gluten entièrement frais : on ne peut donc pas supposer que le traitement lui ait fait subir aucune modification. Si on lit alors ce que Berzelius dit de sa glutine, on pense avec raison que ce qu'il dit s'applique à une matière albumineuse insoluble qui a passé à l'état gélatineux par l'action de l'acide acétique.

Je considère donc la mucine de Berzelius comme de la substance albumineuse insoluble qui s'est dissoute dans l'alcool ; et la mucine de De Saussure comme de la glutine qui, soumise à un traitement prolongé par l'eau chaude, au contact de l'air, a subi une transformation.

La mucine qui, scientifiquement parlant, est aujourd'hui presque oubliée, mérite cependant encore un examen sérieux, comme nous le verrons lorsqu'il sera question de la

(1) *Essai de statique chimique*, 3e édition, p. 61.

substance que l'on a désignée sous le nom de diastase. Ce n'est cependant pas une partie constituante du grain, n'ayant subi aucune modification.

A quelle cause enfin doit-on attribuer la nature glutineuse ou élastique du gluten brut dans lequel on rencontre seulement 4 pour 100 de glutine? Liebig et Millon ont fait sur le gluten des observations que nous devons rappeler ici. Millon (p. 39) a vu que les bonnes sortes de froment ne donnaient en général aucune trace de gluten, c'est-à-dire qu'il n'était resté aucun résidu en malaxant ces sortes de froments sous l'eau, tandis que d'autres sortes en donnaient très-peu. D'autre part, Liebig (1) considère la glutine comme une combinaison d'une matière albumineuse avec un acide, combinaison plus ou moins analogue au précipité que la caséine donne avec l'acide lactique : il considère en outre « la glutine comme une partie constituante accidentelle de la farine des grains, puisque, lorsqu'on fait bouillir avec de l'alcool la farine d'orge et la farine de froment, ainsi que la farine de pois et celle de haricots, cet alcool dissout de la matière grasse et des substances résineuses, mais ne dissout que des traces de substances analogues à la glutine. » Comme Liebig ne parle pas du froment, il paraîtrait en résulter que l'alcool enlève à la farine de froment une quantité considérable de substance. Mais nous savons que cela n'est pas. La farine de froment n'abandonne à l'alcool bouillant qu'une petite quantité de matière. En outre, ce que la farine de froment cède à l'alcool, ne présente pas, après le traitement par l'eau, l'aspect d'une substance résineuse comme Liebig l'a indiqué, mais c'est plutôt de la glutine avec toutes les propriétés que nous lui connaissons.

Les motifs pour lesquels Liebig met ici en jeu un acide, ne me paraissent pas justes. S'il y a un acide, c'est assurément un acide organique faible. Si, en effet, on met de la farine de froment en suspension dans l'eau, si l'on ajoute à la liqueur quelques gouttes d'acide sulfurique, de manière qu'elle présente une réaction acide bien nette et si, après un contact d'une demi-heure, on filtre au travers d'un linge et on malaxe sous l'eau, on obtient une quantité de gluten aussi grande que lorsqu'on emploi l'eau seule. Il n'y a donc

(1) *Annalen der Chemie und Pharm*, t. XXIX, p. 148.

pas d'acide organique faible qui joue un rôle dans la production du gluten.

Quel serait du reste cet acide autre qu'un acide organique que l'on devrait déplacer au moyen de l'acide sulfurique? Dans tous les cas la difficulté est seulement déplacée. Si, en effet, la glutine est une matière élastique par le motif qu'elle provient de la combinaison d'un acide avec une substance albumineuse, la glutine moins l'acide représente une substance albumineuse tout à fait spéciale qui possède seule la propriété de former avec cet acide une substance glutineuse. Or nous ne connaissons aucune substance albumineuse isolée dont la combinaison avec un acide jouisse de cette propriété.

Mais comme, d'autre part, la glutine, purifiée par l'alcool, présente tout à fait la composition des substances albumineuses, quel acide pourrait s'y trouver?

Péligot (1) a fait quelques observations sur les circonstances dans lesquelles on peut ou on ne peut pas retirer d'une sorte de grain le gluten, c'est-à-dire le résidu que laisse le grain préalablement moulu lorsqu'on le malaxe sur un linge. Il remarque d'abord que l'on obtient toujours moins de gluten qu'on ne devrait le supposer d'après la quantité d'azote que l'on trouve dans le grain : ce qui vient de ce que, pendant que l'on malaxe le grain sous l'eau, il se dissout toujours une petite quantité de gluten. Il fait en outre l'observation parfaitement juste que l'on obtient d'autant plus de gluten que la quantité de farine que l'on traite sous l'eau est plus considérable : en effet la grande quantité de la masse met obstacle à la dissolution des particules de gluten. D'autre part, le même chimiste avertit des mauvais résultats que donne, pour la préparation du gluten, l'emploi de la farine qui a été préalablement desséchée à 120°. Il est naturel que Péligot ait retiré seulement 7,5 pour 100 de glutine d'une farine ainsi desséchée, tandis que la même farine non desséchée lui avait donné 9 pour 100 de gluten. Par la dessiccation à la température indiquée, la glutine, c'est-à-dire le principe constituant visqueux perd une portion de sa viscosité.

Péligot attribue en outre à la matière grasse de l'influence sur l'élasticité du gluten : il admet qu'il y a précisément dans

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXIX, p. 23.

le froment une quantité de matière grasse suffisante pour rendre le gluten élastique. Il s'appuie sur ce que la farine de froment, traitée par l'éther et malaxée ensuite avec l'eau, ne lui a donné aucune trace de gluten. Il croit que le motif en est dans la séparation de la matière grasse. Après le traitement par l'éther, la farine était desséchée d'abord à l'air, puis à une température plus élevée et maintenue à l'air pendant plusieurs jours.

D'autre part, il ne faut pas, suivant Péligot, qu'il y ait une trop grande quantité de matière grasse. Pour le démontrer, il a ajouté à une farine qui contenait 9 pour 100 de gluten, 4 pour 100 de matière grasse que l'on avait obtenue en traitant de la farine de froment par l'éther. Le gluten, obtenu en malaxant ensuite cette farine sous l'eau, ne présentait plus d'élasticité, mais il était plutôt cassant: en outre la quantité de gluten obtenue s'est trouvée tant soit peu plus faible, 8,9 pour 100 au lieu de 9. La perte de gluten, produite par une addition de matière grasse, n'était donc pas considérable : mais la quantité trop grande de matière grasse avait, suivant Péligot, fait perdre à ce gluten son élasticité.

L'observation de Péligot doit être inexacte : en effet, d'après les expériences d'Oudemans, il y a dans l'orge 2,1 pour 100 et dans le froment 1,8 pour 100 de matière grasse ; et, malgré le peu de différence qui existe entre ces quantités de matière grasse, on ne retire de l'orge presque pas de gluten, tandis qu'on en retire une très-grande quantité du froment.

Du reste, ce qu'il dit même de l'influence de l'éther, est inexact. Pour le vérifier, j'ai pesé trois doses de farine de froment, chacune de 10 gr. Deux de ces doses ont été maintenues en digestion à la température ordinaire pendant un quart d'heure, l'une avec de l'éther, l'autre avec de l'alcool, puis malaxées sous l'eau dans un linge. La troisième dose était soumise immédiatement à cette dernière opération. La dose qui avait été préalablement traitée par l'éther, a donné la même quantité de gluten possédant le même degré d'élasticité, tandis que la quantité de gluten retirée de la dose traitée par l'alcool, était beaucoup moindre : après une digestion d'un quart d'heure, l'alcool avait déjà dissous la glutine, tandis que l'éther qui avait parfaitement pu enlever au gluten une certaine quantité de matière grasse et qui en avait assurément réduit la

quantité au quart, n'avait pas déterminé le moindre changement.

Nous devons donc admettre que ce n'est pas le traitement par l'éther, mais bien la dessiccation qui a déterminé une modification chimique dans la farine sur laquelle Péligot a opéré ; il a donc attribué à la matière grasse ce qui provenait d'une autre cause.

Nous devons par suite distinguer, dans le gluten brut, deux substances : l'une *glutineuse* et l'autre *élastique*. Si l'on traite le gluten brut par l'alcool concentré bouillant, la substance glutineuse s'y dissout, tandis que la substance élastique reste comme résidu. Si l'on met dans l'eau cette dernière qui, après que l'on en a entièrement séparé la première, est dure et ne présente plus aucune élasticité, et si l'on renouvelle l'eau jusqu'à ce que l'on ait séparé toute trace d'alcool, les particules séparées ne se collent plus ensemble, mais les particules qui sont réunies en un tout, sont redevenues élastiques. La séparation de l'alcool et la restitution de l'eau ont rendu à la matière son élasticité ; mais la faculté adhésive des particules séparées a disparu.

Dans le gluten brut, il existe, d'après nos expériences, 96 pour 100 de substance élastique et 4 pour 100 de matière glutineuse. Le nom de glutine, donné à cette dernière, est donc parfaitement juste. Pour la première dont la quantité est de beaucoup la plus forte et qui, à l'état pur, est insoluble dans l'alcool, on peut très-bien lui donner le nom d'*élastine* : ce nom exprimerait bien plus exactement sa nature que celui de fibrine végétale sous lequel on la désigne ordinairement.

Ainsi, il existe dans le gluten de Beccaria une substance glutineuse qui n'est pas élastique et une substance élastique qui n'est pas glutineuse : leur mélange constitue la substance improprement désignée sous le nom de gluten.

Après les observations que nous venons de donner et desquelles il résulte qu'il y a une substance glutineuse qui, bien qu'en petite quantité, détermine l'adhérence d'une grande quantité de particules qui, lorsqu'elles sont réunies en un tout, sont élastiques, je pense ne pas pouvoir me dispenser d'observer que l'on a tort de considérer la valeur d'une farine de froment comme d'autant plus grande que cette farine donne plus de gluten, c'est-à-dire de gluten brut. Cette opinion est cepen-

dant généralement admise et la quantité de gluten est considérée, de même que le degré d'élasticité de la pâte obtenue avec la farine de froment, comme l'indice de sa bonne qualité. Millon dont j'ai déjà mentionné (p. 39) les recherches sur les différences que présente la quantité de gluten contenue dans le froment, s'exprime ainsi à ce sujet (1) : « Cette donnée, en matière d'expertise, est de la dernière importance. »

Tant qu'il ne sera pas prouvé que ces 4 pour 100 de glutine qui se trouvent dans le gluten (et qui forment moins de 4 pour 100 de toutes les substances albumineuses contenues dans le froment) ont une valeur aussi grande, et il n'y a jusqu'ici aucun motif pour cela, je ne crois pas que nous devions chercher dans le gluten le criterium de la qualité du froment, ni l'indice de la pureté de la farine. Une quantité un peu moindre de glutine, ne représentant qu'une diminution de 1 pour 100 sur la totalité des matières albumineuses, par suite de laquelle la glutine se trouve abaissée à 3 pour 100, rend le gluten beaucoup moins adhésif et même détermine sa disparition presque complète.

Par cette raison, il ne serait peut-être pas hors de propos de se servir du nom d'*élastine* pour désigner la substance élastique qui constitue, d'après nos expériences, 96 pour 100 du gluten et qui a besoin seulement de se mélanger avec 4 pour 100 de glutine pour se transformer en gluten.

La dénomination de gluten peut conduire à la supposition que, si l'on a trouvé une quantité moindre de gluten dans le froment, il y a beaucoup moins d'*élastine*, tandis que c'est seulement la quantité de glutine qui est plus faible.

En outre, le nom de gluten (en hollandais *Kleefstof*, en allemand *Kleber*, qui se traduisent littéralement en français par substance glutineuse) est impropre : en effet la matière glutineuse du froment forme seulement 4 pour 100 du gluten contenu dans ce froment. La substance glutineuse contenue dans les grains est la glutine et non l'élastine.

Je pense donc avoir démontré par les expériences indiquées ci-dessus que le mot *gluten* ne doit pas être employé dans une acception scientifique, en supposant même que l'on désigne sous ce nom la substance exempte d'amidon et de substances cellulaires.

(1) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XXV, p. 354.

Au point de vue physiologique de même qu'au point de vue technique spécial de la préparation de la bière, l'albumine végétale insoluble est assurément, sous le rapport de la quantité, la plus importante : toutes les autres ensemble ne représentent que le cinquième de l'albumine végétale insoluble et dans le cinquième de ces substances se trouve aussi de la glutine.

Si nous cherchons à appliquer les observations que nous venons de faire sur le froment aux résultats que nous a fournis l'orge, nous trouvons deux moyens d'expliquer la proportion si faible de gluten que donne l'orge : d'une part, l'albumine insoluble peut être plus dure dans l'orge, devenir moins élastique par l'action de l'eau : ce qui peut permettre d'expliquer la moindre adhérence de la masse lorsque la glutine y est incorporée. Mais, d'autre part, il est aussi possible que la différence dans la quantité de glutine contenue dans 100 parties de froment et d'orge 0,42 et 0,28 = 3 : 2, soit la cause de toute la différence.

La glutine préparée au moyen du froment, présente la même composition centésimale que l'albumine des œufs de poule, avec cette différence seulement qu'elle ne contient pas comme cette dernière 1,6 de soufre, mais qu'elle en contient seulement 1 pour 100 (1). Les substances albumineuses solubles et insolubles du froment et de l'orge ne se distinguent de la glutine que par la proportion du soufre : je ne m'occuperai donc pas ici de la composition de ces substances qui est suffisamment connue.

Des cinq substances qui ont été indiquées (p. 44) et que l'on a distinguées jusqu'ici, nous devons en supprimer une, la mucine de De Saussure (comme partie constituante essentielle, mais non comme produit de décomposition). A sa place, nous avons appris à reconnaître, dans les deux sortes de grains dont nous nous occupons en ce moment, d'autres substances dont probablement la présence est générale dans le règne végétal et pourra être ultérieurement constatée (2).

Ici se terminent les observations que nous voulions présenter sur la composition de l'orge et du froment. On nous permettra cependant encore, pour les résumer, de donner le

(1) *Scheik. Onderz.*, II deel, p. 154, et IV deel, p. 404.

(2) Littéralement : qui devront probablement avoir un droit de cité général dans le règne végétal

tableau de la composition du froment et de l'orge, tel qu'elle résulte de ce qui précède.

Tableau comparatif de la composition du froment et de l'orge.

	FROMENT.		ORGE.	
Amidon	57,0	67,9	53,8	65,7
Dextrine	4,5	5,4	4,5	5,5
Glutine, soluble dans l'alcool, insoluble dans l'eau	0,42	0,5	0,28	0,3
Substance albumineuse coagulable	0,26	0,3	0,28	0,3
Deux substances albumineuses solubles dans l'eau, non coagulables	1,55	1,9	1,55	1,9
Substances albumineuses insolubles	9,27	11,0	7,59	9,3
Matière grasse	1,8	2,1	2,1	2,5
Matières cellulaires	6,1	7,2	7,7	9,4
Substances inorganiques	1,7	2,0	2,5	3,1
Eau	16,0	»	18,1	»
Substances extractives et autres.	1,4	1,7	1,6	2,0
	100,0	100,0	100,0	100,0

CHAPITRE II.

DU HOUBLON.

La matière que l'on désigne en industrie sous le nom de houblon, est la fleur femelle de l'*humulus lupulus* dont les botanistes désignent l'inflorescence sous le nom d'inflorescence en chatons. Cette substance est généralement considérée comme indispensable à la préparation de la bière : aussi son emploi dans ce cas est-il général. Il n'est cependant pas douteux que d'autres plantes, en admettant qu'elles présentassent un goût satisfaisant, pourraient communiquer à la bière, comme le fait le houblon, la faculté de se préserver contre la

détérioration : et c'est surtout à cause de cette propriété que le houblon est employé dans la préparation de la bière.

Aux folioles ou écailles de la fleur de houblon adhère une certaine quantité d'une poussière jaune dont il sera question plus loin. Ives croyait que c'était dans cette poussière jaune que se trouvait la matière active du houblon. Mais Payen et Chevallier ont montré que la fleur entière renfermait presque les mêmes parties constituantes que la poussière jaune qui la recouvre. S'il n'en était pas ainsi, le houblon qui perd dans le transport une si grande quantité de cette poussière jaune, ne serait que d'une bien faible valeur pour la fabrication de la bière.

Sans le houblon, la bière ne pourrait pas devenir claire : en effet, il y resterait en dissolution une trop grande quantité de substance albumineuse et la bière se décomposerait rapidement. Les parties constituantes des écailles de la fleur de houblon contribuent, aussi bien que celles de la poudre jaune, à communiquer à la bière les propriétés indiquées. La poussière jaune est composée de petites glandes qui étaient adhérentes aux écailles de la fleur et qui se sont détachées par la dessiccation. Elles ont une odeur balsamique et une saveur amère, et, bien que l'on ne puisse nullement les considérer comme fournissant des substances, qui, par leur importance, sont tout à fait indispensables à la préparation d'une bonne bière, elles fournissent cependant des matériaux qui sont d'une grande valeur pour la préparation de cette boisson.

Turpin a reconnu dans ces glandes la présence de deux vésicules dans lesquelles il existe une huile éthérée, et Raspail (1), par un examen plus approfondi, y a trouvé de la chlorophylle, une matière résineuse, une huile éthérée et du gluten.

Payen et Chevallier ont analysé du houblon de différentes provenances, et ils ont trouvé comme minimum 8 pour 100 et comme maximum 18 pour 100 de poussière de houblon. C'est un fait bien connu que le houblon de tous les pays n'est pas également bon : la quantité différente de poudre jaune qu'il contient, peut en être, entre autres, une des causes ; mais comme, dans les manipulations que l'on fait subir au houblon, la poussière jaune peut facilement s'en séparer, on au-

(1) *Nouveau Système de chimie organique*, 1838, t. II, p. 184.

rait tort de conclure des expériences de Payen et de Chevallier, que, dans le houblon, tel qu'il se trouve dans le champ, il existe une pareille différence dans la quantité de poudre : dans le transport, il peut déjà s'en être perdu d'une manière ou d'une autre une petite quantité (1).

Wimmer a trouvé dans 100 parties de houblon, 20 parties de poussière de houblon et 80 parties d'écailles. Mais il lui avait été impossible de séparer des fleurs la totalité des particules ténues de poussière jaune et son opinion est qu'elles devraient encore s'élever à moitié. Il a trouvé, en outre, dans 100 parties de houblon :

	FOLIOLES DE LA FLEUR.	POUSSIÈRE JAUNE.	FOLIOLES ET POUSSIÈRE ENSEMBLE.
Huile volatile.....	»	0,12	0,12
Acide tannique.....	1,6	0,7	2,3
Substance amère....	4,7	3,0	7,7
Substance gommeuse	5,8	1,3	7,1
Substance résineuse.	2,0	2,9	4,9
Cellules végétales...	64,0	9,0	73,0
	78,1	17,02	95,12
Extrait aqueux.....	12,1	4,9	17 p. 100

D'après Wimmer, il est indispensable de diviser le houblon avant de l'employer à la préparation de la bière, parce que le houblon non divisé fournit de l'huile volatile pendant toute la durée de la distillation, tandis que le houblon divisé n'en donne que dans le commencement de la distillation. Ce résultat, qui paraît étrange, est cependant facile à expliquer. En effet, lorsqu'on opère sur du houblon divisé, une plus grande quantité de résine est extraite, et c'est précisément cette résine qui retient l'huile volatile avec laquelle elle est combinée. C'est afin de tenir compte des résultats que fournissent les expériences de Wimmer, que l'on a mis en usage

(1) *Dictionnaire des arts et métiers*, art. Houblon, et *Journal de pharmacie*, t. VIII, p. 209 : Payen, Chevallier et Chappellet. *Traité du Houblon*. 1825, in-12.

les appareils pour diviser le houblon. La résine et l'huile ont l'une pour l'autre une affinité tellement énergique que l'on ne peut pas, dans la poussière de houblon, séparer la résine de l'huile éthérée, même au moyen d'un traitement de plusieurs jours par l'eau bouillante. Il n'est donc pas possible d'obtenir toute l'huile éthérée contenue dans la poussière de houblon en la distillant avec de l'eau.

L'huile éthérée de houblon détermine la dissolution de la résine dans l'eau : toutes les huiles éthérées sont, en effet, plus ou moins solubles dans l'eau (eau de cannelle, eau de fenouil, etc). Bien que cette solubilité soit très-faible, elle est l'intermédiaire qui détermine la dissolution de la résine, mais toujours dans une grande quantité de liqueur.

Aussi longtemps, par suite, qu'il se trouve de l'huile éthérée de houblon dans le brassin, il existe une cause qui détermine la dissolution de la résine, et comme il se produit de l'alcool par la fermentation, il y a encore plus de raison pour que la résine se maintienne en dissolution.

Lupuline. — Ce nom a été donné par Ives à la poussière jaune qui recouvre les folioles de la fleur femelle du houblon. Plus tard, Ives, Payen, Chevallier et Pelletan ont donné le même nom à la matière amère contenue dans cette poussière (1).

Outre l'huile que l'on obtient par la distillation et l'acide tannique qui n'est pas non plus sans valeur au point de vue de la préparation de la bière, la résine et la matière amère méritent surtout d'être distinguées. On les obtient toutes les deux en traitant par l'alcool la poussière jaune des fleurs du houblon. On ajoute de l'eau à cette teinture et on distille ; ce qui détermine la séparation d'une très-grande quantité de résine. — On sature l'acide tannique et l'acide malique au moyen de la chaux, et on évapore la liqueur. Si l'on traite le résidu par l'éther pour séparer encore une petite quantité de résine, puis par l'alcool, la matière amère se dissout dans l'alcool et peut en être retirée par l'évaporation.

La *matière amère du houblon* est une substance jaune, solide, peu soluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool, moins solu-

(1) Ives, *Annals of Philosophy*, new series, t. I, p. 194. Planche, *Journal de pharmacie*, t. VIII, p. 288. Payen et Chevallier, *Journal de pharmacie*, t. VIII, p. 209, et *Annales de chimie, et de physique*, t. XX, p. 301, 1822.

ble dans l'éther: elle est inodore et d'une saveur très-amère; elle présente une faible tendance à se combiner tant avec les bases métalliques qu'avec les acides.

La *résine de houblon* peut être obtenue pure par l'action de l'eau bouillante. A l'état pur, cette résine est exempte de toute saveur amère : elle est insoluble dans l'eau, mais elle est au contraire très-soluble dans l'alcool et dans l'éther.

La résine de houblon a été l'objet de recherches faites par Vlaanderen (1). Il a traité la poussière de houblon par l'alcool bouillant; il a ensuite filtré, ajouté une quantité considérable d'eau, puis évaporé. Dans la liqueur jaune, trouble, il s'est séparé une résine molle, de couleur brun foncé : on l'enlève de la liqueur; on la dissout de nouveau dans l'alcool, on filtre, on mélange de nouveau avec une grande quantité d'eau et on évapore, dans le but de séparer autant que possible par cette évaporation l'huile qui reste adhérente à la résine. On recommence plusieurs fois le même traitement, en continuant jusqu'à ce que la résine ait perdu toute trace d'amertume.

On dissout dans l'alcool la résine ainsi obtenue, on filtre et on évapore la liqueur. La résine que l'on obtient ainsi, est dure et donne seulement, lorsqu'on la chauffe, des traces d'odeur d'huile éthérée de houblon.

Cette résine est brun foncé, soluble dans l'alcool et dans l'éther : elle est exempte de toute trace de la matière amère du houblon et d'acide tannique, et ne cède rien à l'eau.

Elle possède la propriété, suivant qu'on la soumet à l'action plus ou moins prolongée de l'eau, de présenter une différence de composition, de telle nature que, par une action de plus en plus prolongée, il s'y combine une quantité d'eau de plus en plus considérable.

La résine anhydre est $C^{54}H^{35}O^{11}$; elle peut se combiner avec un équivalent d'eau : par l'action de l'eau sur cet hydrate, on peut obtenir trois degrés d'hydratation plus élevés, ce qui donne, pour cette résine, les quatre degrés d'hydratation suivants :

$$C^{54}H^{35}O^{11} + HO$$
$$C^{54}H^{35}O^{11} + 2HO$$
$$C^{54}H^{35}O^{11} + 4HO$$
$$C^{54}H^{35}O^{11} + 6HO$$

(1) *Scheik. Onderz.*, II Deel, 2 Stück, 1858, p. 87.

La résine de houblon, traitée seulement deux fois par l'eau chaude de la manière indiquée, est dissoute dans l'alcool, et la dissolution ainsi obtenue est traitée par une dissolution alcoolique d'acétate de cuivre. Il se produit un léger trouble que l'on sépare par filtration. La liqueur, qui contenait de l'acétate de cuivre en excès, est mélangée avec de l'eau, et il se précipite ainsi un sel de cuivre qui, après avoir été lavé et desséché à 130°, contenait :

				Calculé.
I.	C.....	65,7.....	54.....	66,5
	H.....	7,4.....	35.....	7,2
	O.....	18,8.....	11.....	18,1
	CuO	8,1.....	1.....	8,2

On dissout cette combinaison dans l'alcool : on fait passer dans la dissolution un courant d'hydrogène sulfuré qui y détermine une précipitation de sulfure de cuivre ; on évapore la dissolution alcoolique et on dessèche le résidu à 130° : ce résidu analysé donne :

			Calculé.
C.....	70,9.....	54.....	71,0
H.....	8,2.....	36.....	8.0
O.....	20,9.....	12.....	21,0

Une résine de houblon, traitée six fois par l'eau de la manière indiquée, paraissait être de la même nature qu'auparavant.

Cependant, en la dissolvant dans l'alcool et en ajoutant à la dissolution une dissolution alcoolique d'acétate de cuivre, il se séparait un précipité abondant qui, recueilli et desséché à 130°, présentait la composition suivante :

				Calculé.
II.	C.....	57,5.....	54.....	57,6
	H.....	7,0.....	39.....	6,9
	O.....	20.6.....	15.....	21,3
	CuO.....	14,9.....	2.....	14,2

En ajoutant de l'eau à la dissolution alcoolique qui contient de l'acétate de cuivre en excès, il se produit un précipité qui, desséché à 130°, a pour composition :

				Calculé.
III.	C.....	62,7.....	54.....	63,0
	H.....	8,0.....	38.....	7,5
	O.....	21,8.....	14.....	21,8
	CuO.....	7,05....	1.....	7,7

Le mélange de II et III, desséché à 130° et analysé, a donné :

				Calculé.
IV.	C.....	66,0.....	54.....	65,9
	H.....	8,5.....	40.....	8,1
	O.....	25,5.....	16.....	26,0

La résine de houblon peut donc être représentée par $C^{54}H^{36}O^{12}$ qui, soumis à des traitements réitérés par l'eau, peut s'associer en outre n. HO.

L'*huile éthérée de houblon* est une huile jaune, dont on retire, dit-on, de la poussière de houblon par la distillation une quantité que l'on peut évaluer à 2 pour 100. Je ne l'ai cependant jamais vue obtenir en pareille quantité. La résine retient du reste une très-grande quantité d'huile. Cette huile volatile est plus ou moins soluble dans l'eau : elle se dissout facilement dans l'alcool et dans l'éther. Sa pesanteur spécifique a été trouvée = 0,908.

Cette huile volatile de houblon a été l'objet des recherches de deux expérimentateurs, Wagner (1) et Personne (2). Les résultats de leurs recherches s'accordent plus ou moins entre eux. Wagner considère l'huile de houblon comme un mélange de $C^{20}H^{16}O^{2}$ et de $C^{10}H^{8}$. Personne lui assigne la formule $C^{22}H^{18}O^{2}$.

L'huile brute, suivant Wagner, ne donne pas d'argent métallique miroitant avec une dissolution d'oxyde d'argent dans l'ammoniaque ; elle ne se combine pas avec le bisulfite de potasse et ne donne pas de chloroforme avec le chlorure de chaux. Elle commence à bouillir à 125° : à 175°, 1/6 de l'huile passe à la distillation ; à la température de 225°, il passe à la distillation une huile jaune et il reste de la résine pour résidu.

En distillant avec une dissolution alcoolique étendue de potasse, Wagner a vu passer à la distillation une huile $C^{10}H^{8}$, et,

(1) Erdmann's *Journal*, t. LVIII, p. 351.
(2) *Comptes rendus*, t. XXXVIII, p. 309.

en continuant à chauffer, il a cru observer l'odeur d'acide caprylique et d'acide pélargonique.

Il n'y a pas trouvé de soufre : ce résultat est évidemment en contradiction avec ceux de Chevallier et Payen qui ont trouvé une huile analogue à l'essence d'assa-fœtida, ou à l'essence de moutarde : il paraît probable que ces derniers chimistes avaient employé dans leurs recherches du houblon sulfuré.

D'après Wagner, l'huile de houblon est un mélange de $C^{10}H^{8}$ et de $C^{20}H^{18}O^{2}$. Il a obtenu ce dernier produit par la distillation de l'huile brute à 210° et le premier par la distillation de l'huile brute avec une dissolution alcoolique de potasse.

On obtient une grande quantité de la première en soumettant à la distillation la poussière de houblon à l'état frais, immédiatement après y avoir ajouté la dissolution alcoolique de potasse.

Les résultats obtenus par Personne diffèrent des résultats que nous venons d'indiquer : nous devons du reste faire observer que ce dernier, ainsi que cela ressort de ce qui va suivre, ne paraît pas avoir employé la poussière de houblon à l'état frais, mais paraît l'avoir employée à l'état de décomposition. Lorsqu'on connaît le houblon, on sait que la poussière de houblon, lorsqu'elle est gâtée, sent l'odeur de l'acide valérianique.

Par la distillation de la poussière de houblon, Personne a du reste obtenu directement de l'acide valérianique et en même temps une huile qui est plus légère que l'eau et qui est neutre : cette huile commence à bouillir à 140°, mais son point d'ébullition peut s'élever jusqu'à 300°. La partie qui distille entre 150° et 160° et celle qui passe à la distillation à 300°, ont la même composition, $C^{22}H^{18}O^{2}$: toutes les deux dévient à droite la lumière polarisée : elles ne se solidifient pas à — 17° et se dissolvent dans l'acide sulfurique en prenant une coloration rouge. L'acide nitrique les transforme en acide valérianique et en une matière résineuse, et, en les versant goutte à goutte sur de la potasse en fusion, il se produit un composé volatil, $C^{10}H^{8}$, et, en outre, de l'acide carbonique et du valérianate de potasse.

D'après ces résultats, Personne considère l'huile éthérée de houblon comme de l'essence de valériane : d'après Gerhardt,

cette huile devrait être considérée comme composée d'un hydrogène carboné, $C^{10}H^8$, et d'un composé oxygéné, $C^{12}H^{10}O^2$, formant ensemble $C^{22}H^{18}O^2$.

La combinaison $C^{10}H^8$ présente la même odeur que le thymène et ne donne pas de camphre de Bornéo solide.

Dans la poussière de houblon, Personne a trouvé en outre un acide organique et une substance dans laquelle se trouvait une matière amère qu'il n'a pas soumise à un examen plus approfondi.

Je ferai observer d'abord que, par la distillation de la poussière de houblon à l'état frais, on n'obtient aucune trace d'acide valérianique. Personne n'a donc pas opéré sur du houblon à l'état frais, et on sait en effet que la poussière de houblon, lorsqu'elle est ancienne, peut présenter quelquefois une forte odeur d'acide valérianique.

Comparons maintenant les résultats des expériences de Wagner et de Personne.

Il n'est pas inutile de rappeler ici que, par la distillation de la racine de valériane, on obtient une substance, $C^{10}H^8$, qui a reçu le nom de bornéenne, et du valérol $C^{12}H^{10}O^2$. Par la combinaison d'équivalents égaux de ces deux substances, on obtient $C^{22}H^{18}O^2$. — C'est une combinaison de ce genre que Personne a admis dans l'huile de houblon : ce qui existe à l'état de simple mélange dans l'essence de valériane à l'état brut, il le suppose à l'état de combinaison chimique dans l'huile éthérée de houblon. — Il décompose la combinaison au moyen de la potasse : il en sépare $C^{10}H^8$ et il obtient, par la réaction bien connue du valérol $= C^{12}H^{10}O^2 + 6HO = C^{10}H^{10}O^4 + 2CO^2 + 6H$, de l'acide valérianique et de l'acide carbonique : il peut seulement rester du doute sur la mise en liberté de l'hydrogène.

Par la distillation de l'huile de houblon avec de la potasse et de l'alcool, Wagner obtient une huile ayant pour composition $C^{10}H^8$. La matière que l'on obtient par la distillation à 210° sans addition préalable de potasse, a pour formule $C^{20}H^{18}O^2$, qui diffère de C^2 de la substance indiquée par Personne. Cette huile, traitée par la potasse, est transformée en acide pélargonique, $C^{18}H^{18}O^4$, et en acide caprylique, $C^{16}H^{16}O^4$, avec dégagement d'hydrogène, ainsi que Wagner a cru le

reconnaître à l'odeur : il n'en a du reste pas fourni la preuve expérimentale.

S'il s'était produit de l'acide valérianique, un des points par lesquels les expériences de Wagner et de Personne diffèrent entre elles, recevrait une solution.

Je ne pouvais pas, à l'époque de l'année où je m'occupais de ces recherches, me procurer de la poussière de houblon à l'état frais en quantité abondante; mais je pouvais cependant m'en procurer une quantité suffisante pour en retirer une huile de houblon sur laquelle il m'était possible d'étudier quelques réactions et, entre autres, celle qui a été indiquée en dernier lieu.

La poussière de houblon qui présentait une odeur complétement fraîche, a donné par la distillation avec l'eau une huile de couleur jaune brunâtre, d'une odeur aromatique, agréable. L'eau qui avait passé en même temps à la distillation, présentait une réaction très-faiblement acide qui provenait de la présence de l'acide acétique : cet acide n'est du reste très-probablement pas une partie constituante essentielle de la poussière de houblon : en effet, quelque fraîche que la poussière de houblon pût être, il pouvait facilement s'y être produit une légère décomposition.

Cette eau, mélangée avec de la potasse, a laissé dégager une petite quantité d'ammoniaque : cette ammoniaque ne paraît pas cependant non plus être une partie constituante essentielle de la poudre; mais sa présence paraît devoir être attribuée à la même cause que celle de l'acide acétique.

Il ne s'y trouvait pas la plus petite trace d'acide valérianique : et il ne paraît pas douteux que Personne a analysé une poussière de houblon qui avait déjà subi un certain degré de décomposition.

L'huile de houblon qui était douée d'une odeur aromatique, agréable, a été, avec l'eau qui avait passé en même temps à la distillation, mélangée avec un léger excès de potasse, puis on a soumis le tout à la distillation. Par la distillation, il s'est volatilisé d'abord des gouttelettes huileuses. La température à laquelle cette huile a distillé, était de 104°. Cette huile était incolore, d'une odeur très-agréable, et ne présentait point du tout l'odeur de l'huile éthérée de houblon. — L'huile dont nous venons de parler, se produit seulement dans le commencement de la distillation.

Comme le liquide qui distille ensuite à 104°, est entièrement inodore et comme, en continuant la distillation, il ne se volatilise plus aucune trace d'huile, il faut, pour se procurer une plus grande quantité de matière huileuse, effectuer, par la simple distillation de l'eau de houblon avec l'huile de houblon et de la potasse, la séparation de deux substances dont l'une passait à la distillation avec l'eau, tandis que l'autre restait dans la liqueur alcaline.

Une portion de la liqueur alcaline est mise de côté. En traitant une autre portion de la liqueur alcaline par l'acide sulfurique et en chauffant le tout, il a été impossible de découvrir aucune trace d'acide valérianique; mais il a été facile de reconnaître une odeur fraîche, forte, d'une huile de houblon dont il a passé quelques gouttes à la distillation.

L'huile de houblon est donc un mélange de :

1° Une huile qui se sépare immédiatement lorsqu'on traite la poussière de houblon par une dissolution étendue de potasse et lorsqu'on soumet ensuite le tout à la distillation, et 2° une seconde huile qui se sépare de la dissolution alcaline lorsqu'on la neutralise par l'acide sulfurique.

On chauffe ensuite l'autre portion de la liqueur alcaline au bain-marie à une température de plus en plus élevée, et on recueille ce qui passe à la distillation. Jusqu'à 180°, il ne passe à la distillation que de l'eau; ce qui montre que la substance volatile dont il vient d'être question, a distillé entièrement à une température inférieure. — On n'a pas continué la distillation à une température supérieure à 180°, parce que la masse s'est colorée fortement en brun, ce qui indiquait évidemment une décomposition. En chauffant à une température encore plus élevée, il se produit un abondant dégagement de gaz. Si, après avoir laissé refroidir la masse alcaline, on la dissout dans l'eau, si on sursature la dissolution par l'acide sulfurique et si on soumet le tout à la distillation, il se produit une volatilisation d'acide valérianique qui ne peut pas être révoquée en doute.

Quelque simples que soient les résultats des expériences que nous venons d'indiquer, il en ressort qu'il se produit, par la distillation de la poussière de houblon, deux substances volatiles bien distinctes : l'une qui se sépare de la poussière de houblon par la distillation à la température de l'ébullition de

l'eau avec une dissolution très-étendue de potasse ; l'autre qui est retenue par la potasse et ne distille qu'à 180°. — Lorsqu'on chauffe fortement cette dernière avec de la potasse, il se produit de l'acide valérianique.

Les expériences de Wagner sont donc confirmées, en ce point qu'il avait trouvé dans l'huile de houblon deux substances que l'on pouvait séparer, soit par la distillation seule, soit par la distillation avec une dissolution de potasse. Mais des recherches approfondies peuvent seules faire connaître quelle est la composition de ces deux substances.

Par la distillation de son huile oxygénée sur du chlorure de zinc, Wagner a obtenu une huile incolore qu'il considère comme identique avec l'huile $C^{10}H^{8}$ qu'il a obtenue dans le commencement de la distillation de l'huile de houblon avec de la potasse : il suppose, d'après cela, que l'huile oxygénée pourrait bien avoir pour composition $C^{20}H^{18}O^{2} = C^{20}H^{16} + 2HO$. Il y aurait donc sur ce point une différence essentielle entre les expériences de Wagner et celles de Personne. $C^{20}H^{18}O^{2}$ est le camphre de Bornéo, l'huile de cajeput.

La séparation indiquée au moyen d'une dissolution étendue de potasse, la présence de l'acide valérianique dans le vieux houblon et la production d'acide valérianique que nous avons obtenue dans nos expériences tendent à faire supposer que l'huile de houblon est un mélange d'une huile $C^{10}H^{8}$ et d'une autre huile $C^{22}H^{18}O^{2}$, et que cette dernière peut être décomposée en $C^{10}H^{8}$ et en $C^{12}H^{10}O^{2}$ ou valérol ; mais cette supposition a besoin d'être confirmée par de nouvelles expériences. Je n'avais pas, pour les entreprendre, une quantité suffisante de houblon à l'état frais.

Wagner et de Bibra ont fait avec l'huile de houblon des expériences sur les animaux ; ils ne lui ont pas trouvé les propriétés narcotiques qu'on lui attribue.

On trouve donc dans la poussière de houblon quatre parties constituantes principales : des huiles volatiles, de la résine, une substance amère et de l'acide tannique.

Fleurs de houblon. — Suivant Wimmer, les châtons dont on a séparé la poussière (dont ils ne peuvent qu'avec difficulté être séparés entièrement), ne renferment pas d'huile, mais contiennent une quantité beaucoup plus grande de la substance amère du houblon, et d'acide tannique : elles ne paraissent

cependant pas être exemptes de résine. Il résulterait de là que la poussière de houblon fournirait seule l'huile volatile et que la poudre et les folioles de la fleur fourniraient toutes deux la substance amère du houblon et de la résine (1).

Way et Ogston d'une part et Hawkhurst d'autre part ont déterminé par l'analyse les parties constituantes inorganiques du houblon. Watts et Nesbit en ont également effectué la détermination (2).

Parties constituantes inorganiques du houblon.

	WAY ET OGSTON.		HAWKHURST.	NESBIT.
Potasse.....	12	25	19,4	25,2
Chlorure de potassium.....	5	»	»	1,7
Chlorure de sodium.	»	3	»	7,2
Chaux.....	18	22	14,2	16,0
Magnésie.....	6	5	5,3	5,8
Sesqui-oxyde de fer.	2	2	2,7	7,5 Phosphate de sesqui-oxyde de fer.
Acide phosphorique.	21	14	14,6	9,8
Acide sulfurique...	7	7	8,3	5,4
Acide silicique.....	23	20	17,9	21,5
Acide carbonique..	5	2	11,0	»
Soude.....	»	»	0,7	»
Alumine?.....	»	»	1,2	»
Chlore.....	»	»	2,3	»
Quantité de cendres p. 100.....	8	6	»	»

C'est surtout à son principe amer qu'est due en général l'action physiologique qu'exerce le houblon : on a comparé cette action à celle de l'opium et on a attribué au houblon un pouvoir narcotique, mais je ne trouve pas que l'on ait fait voir suffisamment sur quelles raisons on s'appuyait pour cela. On a cru en outre voir dans l'infusion de houblon appliquée à froid sur la peau, un diurétique, et, dans la même infusion

(1) Sur le houblon, on peut consulter encore *Journal de pharmacie*, t. IV, p. 479; t. VIII, p. 75, 320, 351 et 535, et t. IX, p. 558, ledum palustre employé dans la fabrication de la bière comme succédané du houblon.

(2) *Phil. mag.*, Jan. 1843, p. 54; *Archiv. der Pharm.*, t. CV, p. 200.

appliquée à chaud, un diaphorétique. Mais ce que l'on trouve indiqué sur ce sujet dans les traités de matière médicale, peut bien ne pas avoir plus de valeur que ce que l'on a dit d'un si grand nombre d'autres substances. — Si on laisse de côté le rôle que le houblon joue dans la préparation de la bière, la matière amère du houblon paraît devoir être considérée comme étant la partie constituante qui est, principalement, sinon exclusivement, active au point de vue physiologique.

Cette opinion ne paraît pas s'accorder avec celle de Rochleder (1) qui attribue au houblon et au chanvre une action plus ou moins pareille. — Wagner considère comme probable qu'il existe dans le houblon un alcaloïde doué de propriétés narcotiques : il propose même d'employer dans la fabrication de la bière le chanvre comme succédané du houblon. Le pouvoir narcotique du *hatschich* que l'on prépare au moyen du chanvre, paraît l'avoir conduit à cette opinion.

Le houblon est une plante qui ne peut, comme le grain, être conservée pendant un temps indéfiniment prolongé, sans subir de modification, même lorsqu'il se trouve dans les circonstances les plus favorables à sa conservation. Si on le maintient exposé à l'air, le houblon perd de la valeur d'instant en instant, et, tandis que le grain peut très-bien être employé l'année suivante, le houblon au contraire a considérablement perdu de valeur. C'est surtout l'huile volatile qui est la cause de cette diminution de valeur. La matière amère qui existe dans le houblon, ne paraît rien perdre ; l'acide tannique diminue peu à peu de quantité : mais le principe volatil se dégage de la plante et se disperse dans l'atmosphère, ou bien s'oxyde en partie, ce qui fait prendre au houblon une odeur désagréable.

En outre, le houblon, de même que toutes les parties foliacées des plantes, ou les parties des feuilles qui présentent une faible épaisseur, lorsqu'elles sont étendues au contact de l'air, est exposé au mode de décomposition qui a reçu le nom de *Verwesung*. La plante prend une couleur foncée et toutes ses parties constituantes sont entraînées de plus en plus dans le domaine de la transformation chimique.

On a proposé de dessécher le houblon et de le soustraire au contact de l'air, ce qui supprimerait ou du moins amoindrirait

(1) Erdmann's *Journal*, t. XXXVIII, p. 356.

deux des conditions qui pourraient y produire une transformation chimique.

La dessiccation du houblon peut être opérée au moyen de la chaleur artificielle : mais on doit avoir soin de ne pas soumettre, pour le dessécher, le houblon à une température trop élevée afin de ne pas déterminer la volatilisation d'une trop grande quantité des principes volatils qu'il contient.

Pour soustraire le houblon au contact de l'air, on en opère la compression ou le soufrage pour lequel on se sert d'acide sulfureux. Le soufrage est rejeté dans quelques localités. Fordos et Gélis ont indiqué un moyen de s'assurer de la présence ou de l'absence de l'acide sulfureux. Dans ce but, on met ce houblon dans un vase avec de l'eau; on y introduit un morceau de zinc et on ajoute de l'acide chlorhydrique. L'hydrogène à l'état naissant forme alors, aux dépens de l'acide sulfureux, de l'eau et de l'hydrogène sulfuré que l'on peut facilement reconnaître en faisant passer le gaz qui se dégage dans une dissolution d'acétate de plomb.

Wagner conseille d'employer dans ce but le nitroprussiate de soude qui prend une couleur rouge-pourpre par l'action d'une trace même très-faible de gaz hydrogène sulfuré lorsqu'on fait passer ce gaz dans une dissolution de nitroprussiate de soude, additionnée de potasse.

Quelque sensible que soit cette réaction, Wagner n'a pu, en l'employant, trouver au bout de quelques mois aucune trace d'acide sulfureux dans du houblon soufré.

Liebig s'est prononcé en faveur du soufrage du houblon et il a soutenu avec raison l'innocuité de ce moyen, si simple de conserver une portion de plante qui, sans cela, entrerait rapidement en décomposition et qui, par ce moyen, peut devenir susceptible d'être expédiée et conservée, sans rien perdre de sa valeur et sans acquérir aucune propriété nuisible. Il cite à l'appui de son opinion la proposition de Braconnot (1) de conserver au moyen de l'acide sulfureux les légumes employés aux usages domestiques, comme la chicorée, les asperges, l'oseille, etc. (2).

(1) *Annalen der Pharmacie*, t. XXIV, p. 104.

(2) Wagner's *Jahresbericht*, 1855, p. 203; Siemens, in *Polytechnisches Central-Blatt*, 1858, p. 1429; Habich, *Der Bierbrauer*, 1859, n° 1, p. 3.

En place de houblon, on a employé l'absinthe, le gingembre, la coriandre, le quassia et d'autres substances : on a proposé aussi, pour remplacer le houblon, de se servir de menianthes trifoliata (1). Mais pour qu'il fût possible de remplacer le houblon par une autre substance, il faudrait d'abord que cette substance contînt de l'acide tannique, afin qu'elle pût remplir, dans la préparation de la bière, certaines fonctions dont nous parlerons plus loin et que l'acide tannique seul peut remplir. Au point de vue de la saveur, les matières d'une amertume franche comme le quassia, etc., pourraient parfaitement être employées comme succédanées du houblon. En outre, il faudrait une matière qui contînt une huile éthérée : la résine, qui est un produit d'oxydation de l'huile éthérée, peut bien être considérée comme n'ayant que peu d'influence.

Une substance, pour être considérée comme un véritable succédané du houblon, doit donc réunir ces trois substances, ou bien alors on doit, pour remplacer le houblon, employer trois corps qui, réunis, contiennent les trois substances indiquées.

CHAPITRE III.

DE L'EAU.

L'eau que l'on emploie dans la préparation de la bière, tant celle qui sert pour opérer le mouillage du grain que celle que l'on emploie au traitement du malt, à son empâtage, exerce une influence notable sur la qualité de la bière. De cette eau dépendent beaucoup de propriétés spéciales, et l'eau peut certainement revendiquer sa part comme cause des différences sans nombre qui existent entre les différentes sortes de bières.

Indiquer dans chaque cas particulier ce qui est relatif à l'eau, est presque impossible : mais on peut très-bien montrer en général comment quelques-unes des parties constituantes

(1) *Journal de pharmacie*, t. XIV, p. 495.

de l'eau doivent exercer de l'influence sur la qualité de la bière.

Le chlorure de sodium que l'on rencontre dans presque toutes les eaux qui ont été en contact avec la surface de la terre, et le chlorure de potassium que l'on trouve dans un grand nombre d'eaux, peuvent, avec le sulfate de soude, le sulfate de potasse et le sulfate de magnésie, être rangés parmi les substances qui exercent le moins d'influence sur la qualité de la bière : les nitrates de potasse, de soude ou de magnésie ne paraissent pas exercer sur cette boisson une action plus sensible que les sels précédents. Les carbonates de potasse ou de soude et les silicates de potasse ou de soude, ainsi que les sels organiques (crénates ou apocrénates) de potasse ou de soude, qui existent dans l'eau, ne paraissent pas au contraire être sans influence dans la préparation de la bière. L'acide silicique, aussi bien que l'acide carbonique, peuvent facilement être séparés des bases avec lesquelles ils sont combinés, et c'est par cette raison que leurs combinaisons salines exercent une action dissolvante sur les substances albumineuses contenues dans le grain : ils déterminent la dissolution d'une plus grande quantité de ces matières et se combinent, dans le brassage, avec l'acide lactique et, dans la fermentation, avec l'acide phosphorique devenu libre, en sorte qu'il reste dans la bière, après sa fabrication, une quantité de phosphate de potasse ou de soude qui correspond à la quantité de potasse ou de soude qui existait originairement dans l'eau à l'état de silicates, de carbonates ou de combinaisons avec des acides organiques.

La présence dans l'eau d'une quantité considérable de ces combinaisons salines est avantageuse pour la préparation de la bière, en ce que la bière en devient meilleure : la présence des phosphates dans la bière est certes très-utile. — Les carbonates de chaux et de magnésie et le gypse que l'on rencontre dans un grand nombre d'eaux exercent une influence contraire à celle des combinaisons salines dont il vient d'être question. Les bases des deux premiers sels ont, ainsi que le dernier, la propriété de s'opposer à l'action des substances albumineuses, de se combiner avec elles et de les rendre insolubles ou d'empêcher leur dissolution. Dans le mouillage des grains, ces combinaisons salines sont nuisibles en ce qu'elles

s'opposent au ramollissement du grain. C'est un fait bien connu que, lorsqu'on fait cuire des pois et des haricots dans une eau dure, c'est-à-dire contenant de la chaux, ils ne se ramollissent pas. Les sels indiqués exercent aussi une action contraire à la production du ferment, et par conséquent à la fermentation. — Si l'on ajoute à cela que la chaux contenue dans l'eau peut enlever une partie de l'acide phosphorique de la liqueur et former du phosphate de chaux insoluble, et que la magnésie est précipitée, avec l'acide phosphorique et l'ammoniaque qui a pris naissance pendant la fermentation (1), à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, il paraît en ressortir incontestablement qu'une eau dure ne peut jamais donner une bière très-forte.

Pour le maltage, il paraît donc préférable d'employer une eau douce : mais, pour l'empâtage, une eau calcaire ne paraît pas être nuisible, ainsi que l'expérience l'a fait voir (2). La chaux contenue dans l'eau transforme bien le phosphate de potasse ou de soude en phosphate de chaux : mais il se produit une quantité d'acide lactique, et finalement d'acide acétique suffisante pour redissoudre le précipité de phosphate de chaux, de telle sorte que l'acide phosphorique si utile dans la bière n'est pas précipité de la dissolution pendant le brassage, lorsqu'on emploie une eau dure.

La bière, appelée Burton-ale, qui est si connue, est préparée avec de l'eau de puits contenant une quantité considérable de carbonate de chaux : aussi, en Angleterre, quelques brasseurs qui n'ont pas de l'eau dure à leur disposition, ajoutent-ils exprès à de l'eau douce du carbonate et du sulfate de chaux afin que ces sels s'y dissolvent et fournissent ainsi une eau qui, dans leur opinion, est la meilleure pour donner à la bière un bon goût.

Il est positif que certains acides qui exercent une influence fâcheuse sur le goût de la bière, peuvent prendre naissance pendant sa préparation. Si le carbonate de chaux que contient l'eau, en saturant ces acides, les fait passer à l'état salin et annihile leur action fâcheuse, on conçoit que cela peut exercer une influence favorable dans la préparation de la

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXI, p. 168.
(2) Dingler, *Polytechnisches Journal*, t. XLI, p. 395.

bière. On peut donc donner des raisons à l'appui de l'utilité du carbonate de chaux dans l'eau que l'on veut employer à la préparation de la bière; mais cela ne serait pas facile pour le sulfate de chaux.

On n'est pas toujours satisfait d'une bière qui contient une quantité aussi grande que possible des parties constituantes qui y existent ordinairement.

Le goût du consommateur demande souvent une bière qui ait telle ou telle propriété déterminée, en sorte que, dans quelques cas, ce qui devrait être rejeté au point de vue de l'utilité, doit être recherché pour satisfaire au goût du consommateur.

On ne peut donc recommander exclusivement aucune espèce d'eau en particulier comme devant être employée de préférence pour la préparation d'une très-bonne bière. Si l'on veut qu'il passe dans la bière une quantité aussi grande que possible des parties constituantes nutritives du grain, on doit employer de préférence la plus pure des eaux ordinaires, l'eau de pluie. L'eau de canal qui, en Hollande, tient en dissolution environ $\frac{1}{1000}$ de sels, ne peut pas exercer par les sels qu'elle contient, une grande influence sur la qualité de la bière, Mais l'eau de source qui contient 5, 6, 7 fois plus de sels que l'eau de canal, exerce en effet une certaine influence sur la préparation de la bière.

Il n'est pas besoin d'observer que l'eau ne doit pas tenir de matières en suspension ou contenir d'autres matières étrangères et que l'eau la plus claire est celle qui doit être préférée pour la préparation de la bière.

Il doit paraître également inutile de remarquer que l'eau destinée à la préparation de la bière ne doit pas contenir d'excréments humains et cependant nous avons bien quelque raison pour faire ici cette observation. En Hollande, on laisse dans plusieurs localités les citernes dans lesquelles sont rassemblés ces excréments, s'écouler dans les canaux de la ville et on se sert quelquefois de cette eau pour la préparation de la bière. On ne peut pas fabriquer de bière plus dégoûtante et cependant elle se vend bien.

Chaque bière présente sa saveur spéciale. — Mais lorsqu'on voit le soin excessif que l'on prend pour avoir de bonne eau dans les brasseries qui fabriquent de la bonne bière, on doit, en ne s'occupant même pas du dégoûtant emploi d'une eau

chargée de principes excrémentitiels humains, s'étonner que l'on emploie encore dans quelques endroits l'eau sale des canaux des villes.

Cela arrive du reste rarement dans la Hollande en général si propre.

CHAPITRE IV.

MALTAGE OU PRÉPARATION DU MALT.

Le malt est le grain germé. On nomme maltage la série d'opérations nécessaires pour faire germer le grain afin de le rendre apte à être employé pour la fabrication de la bière.

Les transformations par lesquelles le grain passe dans le maltage, sont presque les mêmes que celles que l'on observe dans le grain lorsqu'on le place dans un sol humide afin qu'il en sorte une nouvelle plante. Les transformations chimiques que l'orge et le froment subissent dans le maltage, sont tout à fait les mêmes que celles qui s'opèrent dans le sol lorsqu'on veut qu'ils donnent naissance à des plantes d'orge ou de froment (1). Il y a cependant cette différence que, dans le mal-

(1) Entre le maltage du grain et la germination de la semence dans le sol, il existe surtout deux points de différence ; en effet, dans la germination, la semence soustrait en général lentement et peu à peu l'eau au sol poreux, et, excepté dans le cas de pluies continuelles, que l'on ne considère, du reste, pas comme favorable à la germination, la semence n'est jamais pénétrée de part en part par l'humidité comme dans le maltage.

Personne ne peut prétendre que la germination des semences ne s'effectue pas bien dans le sol : on est par suite tenté de se demander si on fait réellement bien, dans la préparation de la bière, d'humecter aussi profondément le grain avant de le faire germer, et si l'on ne ferait pas mieux de se rapprocher de ce qui se passe dans le sol.

Une autre différence est que, dans le maltage, le grain humecté étant placé en couches et quelquefois même d'abord en tas, il se produit une élévation de température, un ressuage, qui n'a jamais lieu dans la semence placée dans le sol, parce que, dans ce dernier cas, le grain est autant que possible à l'état isolé. — Cette élévation de température du grain qui se transforme en malt, n'est pas compensée, pour la semence qui est placée dans le sol, par la chaleur du soleil qui n'échauffe que les couches supérieures du sol : en outre, la chaleur du soleil au printemps, qui est l'époque à laquelle le grain germe, est rarement d'un degré aussi élevé : elle ne dure toutefois que quelques heures

tage du froment et de l'orge, on laisse seulement la germination du grain commencer et qu'on l'interrompt dès que les petits appendices qui doivent former la future radicule, se sont développés jusqu'à une certaine longueur et avant que ces appendices aient pris complétement le développement qu'ils prendraient dans le sol si l'on avait placé le grain dans la terre. Lorsque le grain est arrivé à ce développement, il est précisément arrivé au degré de transformation le plus convenable que l'on puisse désirer pour la préparation de la bière. Une transformation plus profonde serait nuisible.

Les trois conditions essentielles à la germination sont : l'humidité dont il ne doit pas cependant y avoir une trop grande quantité ; une chaleur suffisante ; le contact de l'air.

Humidité. — Lorsqu'on dessèche une semence arrivée à l'état de maturité et lorsqu'on la conserve, son activité chimique n'y est pas entièrement interrompue : mais, par suite de l'absence de déplacement de substances provenant du manque d'eau, cette activité chimique est réduite à son minimum. La

de la journée et subit une interruption par suite de la fraîcheur des soirées et des nuits, en sorte que le grain est exposé dans le sol à une température qui est plus faible et qui présente, en outre, des alternatives de chaud et de froid, tandis que, dans le maltage, il est exposé à une température plus élevée et plus égale.

On ne peut pas, sans qu'il soit nécessaire de faire des expériences pour vérifier cette opinion, prétendre que le malt le plus convenable pour la préparation de la bière serait celui qui a été préparé dans des conditions identiques à celles auxquelles le grain est exposé dans le sol : en faisant cette observation, je ne le prétends à aucun égard. Mon but était seulement de me rendre compte s'il existait une différence essentielle entre les transformations chimiques des grains qui passent à l'état de malt et celles des semences qui germent dans le sol, et si, en admettant qu'il n'existe pas de différence, il peut exister une grande variabilité dans les circonstances auxquelles le grain en germination est exposé.

Une particularité mérite certainement ici de fixer notre attention d'une manière toute spéciale. Il est possible que le grain trouve dans le sol une compensation de la moindre quantité d'eau qui est en général à sa portée, et de l'infériorité ainsi que de l'alternance de la température, dans le contact avec une substance intermédiaire dans laquelle il se produit un déplacement lent, mais continu, des principes qui le constituent, dans laquelle, par conséquent, il n'y a pas repos au point de vue chimique, dès qu'il existe une quantité suffisante de chaleur et d'humidité. *Nulla quies* n'a positivement lieu au point de vue chimique dans le sol arable; le grain que l'on y place doit également être entraîné dans la sphère d'activité par le *chemismus* de la même manière que le platine se dissout dans l'acide nitrique lorsqu'il est allié avec l'argent.

semence ne se modifie que lentement. Mais si l'on fournit extérieurement à une semence, sèche, parfaitement saine, de l'eau qui la pénètre entièrement et qui y produise alors les déplacements osmotiques de substances, toutes les conditions nécessaires pour que l'activité chimique puisse se développer, sont remplies. La semence est mûre, c'est-à-dire que tout ce qui s'y trouve est mûr pour le développement chimique : il y avait besoin seulement d'eau pour que les substances qui s'y trouvent, puissent se déplacer et réagir les unes sur les autres.

La première action que l'eau exerce sur la semence, est de pénétrer les parties sèches : une conséquence de ce fait est la dissolution des parties intégrantes solubles qui étaient intercalées sous forme de masses solides, sèches, entre les particules insolubles du grain ; lorsque la dissolution est complétement opérée, les particules qui sont d'une nature chimique différente, peuvent réagir les unes sur les autres. C'est ainsi que certaines particules solubles peuvent réagir sur d'autres particules solubles de nature différente, mais en outre les particules solubles peuvent réagir sur les particules insolubles. Cap (1) ajoute encore comme troisième période de l'action de l'eau sur la semence, la décomposition de l'eau et l'action de ses parties constituantes sur les substances organiques que contient la semence. La décomposition de l'eau est-elle toujours possible : rien ne le prouve.

Cap fait l'observation tout à fait exacte que, parmi les conditions nécessaires à la germination de la semence, la présence de l'eau est la condition la plus importante (2). Lorsqu'une substance organique est à un état de siccité parfaite, il ne peut s'y opérer aucune transformation chimique rapide. Mais lorsqu'on plonge le grain complétement sec même dans de l'eau qui est à la température de la glace fondante, le grain se gonfle et se prépare à germer. — Cap fait ici l'observation bien digne dans tous les cas d'être mentionnée que les amandes amères et les semences de moutarde, toutes deux à l'état de siccité, dès qu'elles sont pénétrées seulement par l'eau, donnent naissance à des principes particuliers et fournissent ainsi des exemples de la grande importance de l'eau dans la ger-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXVI, p. 635.
(2) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XIV, p. 105.

mination et de la manière dont elle ranime l'activité chimique qui était restée assoupie jusque-là, même indépendamment de l'influence de l'air et de la chaleur qui viennent ensuite compléter l'action de l'eau.

Ce n'est que dans un petit nombre de semences que l'action de l'eau est aussi clairement démontrée que dans les deux exemples indiqués, et il serait possible qu'une action aussi intime de l'eau dans le grain en germination fût loin d'être générale. Quoi qu'il en soit, l'observation est juste, et il ressort clairement des deux exemples cités que c'est surtout par l'action de l'eau qui humecte la semence que la vie, qui était assoupie dans cette semence, est ranimée, et que c'est par conséquent surtout par l'action de l'eau qu'il y a vie.

Pour compléter la note de Cap, Girardin (1) a examiné, dans une note détaillée, l'âge que les semences peuvent atteindre, lorsqu'elles ont été conservées à l'état sec, sans cesser de pouvoir germer lorsqu'on les humecte. Je dois me contenter de déclarer que les faits qui y sont cités présentent de l'importance; mais je ne puis pas m'y arrêter longtemps, pas plus que sur le fait bien douteux de la germination de grains que l'on supposait provenir des pyramides d'Égypte : en effet cela n'a aucun rapport avec l'histoire chimique de la bière : en effet une orge qui a plus d'un an, ne donne pas de la très-bonne bière.

Chaleur. — Toute réaction en chimie organique exige sa température spéciale : la température du grain en germination ne dépasse pas la chaleur ordinaire du printemps. Mais c'est une tout autre question de savoir si l'opération, lorsqu'on la régularise au point de vue de la fabrication, ne peut pas être effectuée à une température plus élevée. Dans la préparation de la bière, on expose d'abord le grain humecté à une température de même degré que la chaleur produite à la surface de la terre par le soleil au printemps, afin de produire sur la semence presque la même action : on divise alors le grain, on le traite par l'eau chaude et on porte la température au degré d'élévation auquel on peut la porter au maximum afin d'accélérer l'opération.

Air. — Dans la germination du grain, un des nombreux

(1) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XV, p. 46.

résultats de l'action vitale, l'air est indispensable, tant pour déterminer la transformation des matières que pour la maintenir en activité. Le *pabulum vitæ* est encore ici le pabulum vitæ.

C'est par cette raison que l'on sème les semences dans des sols légers que l'on ne doit, dans aucun cas, comprimer fortement. Si l'on place la semence profondément dans le sol, de manière que l'air nécessaire ne puisse pas y arriver, elle ne pousse pas.

Schleiden a semé des semences de légumineuses, des grains et des semences de lin à une profondeur de 1, 2, 3, 4, 5, 6 pouces, et il a observé que la semence poussait d'autant plus lentement qu'elle avait été semée plus profondément. A une profondeur de 5 pouces, la semence de lin ne germait généralement plus. Le froment se développait plus puissamment lorsqu'on le semait à une profondeur de 4 pouces que lorsqu'on le semait à une profondeur de 3 pouces, et plus puissamment lorsqu'on le semait à une profondeur de 3 pouces que lorsqu'on le semait à une profondeur de 2 pouces. A une profondeur plus grande que 4 pouces, son développement était au contraire plus lent qu'à une profondeur de 4 pouces, et à une profondeur de 8 pouces, il ne germait plus (1).

Avant ces trois conditions, on doit placer au premier rang la condition essentielle que le grain soit sain et ne soit pas trop vieux. Par grain qui ne soit pas trop vieux, on désigne en général dans la fabrication de la bière, un grain qui soit bien plein et qui n'ait subi de modification à aucun égard. Au point de vue de la germination en général, et spécialement au point de vue de savoir si les vieux grains sont ou non en état de germer, on doit observer que la semence est exposée à une décomposition lente ; cette modification s'est déjà opérée depuis longtemps dans les substances albumineuses qui sont, au point de vue chimique, la cause déterminante de tout ce qui se passe et qui paraissent dans la semence être placées surtout dans le voisinage du germe, avant que l'on puisse découvrir sur le grain quelque signe morbide.

Quant à la germination artificielle du grain, le maltage, elle s'opère de la manière suivante.

(1) Wolff, *Ackerbau*, 2e édit., t. I, p. 95.

On met le grain d'orge ou de froment (prenons l'orge) tout entier avec son enveloppe et sans le moudre dans un bac en bois (*Quellbotich* des Allemands) ou en pierre (*Malzstein* des Allemands), et on y verse assez d'eau pour qu'il y en ait au-dessus du grain un peu plus d'un demi-pouce : le tout se passe à la température ordinaire. On agite bien le grain et on enlève les impuretés et les grains qui surnagent au-dessus de l'eau : on laisse l'eau s'écouler et on recommence jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule soit entièrement claire. L'eau qui s'écoule est toujours plus ou moins colorée. L'eau dont le grain est recouvert, l'humecte peu à peu, et il commence par perdre une partie des principes solubles, combinaisons salines, dextrine, matières albumineuses solubles et autres substances solubles, qu'il contient. Comme toutes ces substances solubles ont leur utilité dans la préparation de la bière, il s'ensuit que l'on doit exécuter le lavage du grain, seulement pendant qu'il commence à s'humecter et que l'on ne doit pas le continuer lorsque la dissolution des parties constituantes du grain commence à s'opérer (1).

C'est par ce motif que l'on emploie actuellement dans quel-

(1) J'ai donné, p. 19, les analyses que Veltman et Moesman ont faites de la cendre d'orge et de malt d'orge. Par l'inspection des résultats, on s'apercevra que le malt, par le lavage et le ramollissement au moyen de l'eau (c'est, en effet, de cette manière qu'il avait été préparé), a perdu une quantité notable de sels solubles; à ce point de vue, les résultats de ces analyses présentent de l'importance. Le malt fortement desséché qui est indiqué dans ces analyses, est visiblement d'une origine différente : il en est de même du malt desséché : on ne peut donc pas comparer les résultats de l'analyse de leurs cendres avec ceux de l'analyse des cendres d'orge.

Mais si nous comparons les résultats de l'analyse des cendres de malt desséché à l'air avec ceux des cendres d'orge, nous trouvons qu'il existe dans le malt :

Moins de potasse, de soude, de magnésie, d'acide sulfurique et de chlore;

Plus de chaux et de sesqui-oxyde de fer;

La même quantité d'acide phosphorique.

Une certaine quantité de chaux est donc passée de l'eau dans le malt et la quantité de chaux qui est en combinaison avec l'acide phosphorique, est par suite plus considérable ; d'autre part, une certaine quantité des chlorures solubles et des sulfates de soude, de potasse et de magnésie qui sont contenus dans le grain, en a été soustraite.

L'augmentation du sesqui-oxyde de fer est la conséquence de ce qu'une portion du fer des conduits de la pompe qui amène l'eau s'est dissoute et a pénétré ensuite le malt.

Mais, en admettant que, dans le ramollissement du grain, il y a dissolution de sels solubles, la quantité en est, dans tous les cas, peu considérable.

ques localités le procédé suivant de mouillage du grain, afin que la totalité de la masse soit pénétrée par l'eau de part en part, sans qu'il y en ait une trop grande quantité en contact avec le grain. Le lavage et le nettoyage du grain sont opérés de la manière que nous venons d'indiquer, en ayant soin de laisser séjourner le grain pendant quelques heures sous l'eau, afin de bien laisser à une substance d'une saveur désagréable que contient l'enveloppe du grain le temps de se séparer, sans cependant attendre assez pour qu'il se dissolve une petite quantité de la graine amylacée. On laisse l'eau s'écouler, puis on met le grain en tas que l'on arrose seulement de temps en temps avec de l'eau, en n'ajoutant jamais à la fois une quantité d'eau plus grande que celle qui peut être absorbée rapidement par le grain en l'humectant de part en part. On doit retourner continuellement le grain afin que tous les grains présentent le même degré d'humidité, mais aussi afin que l'eau qui tient en dissolution les substances indiquées soit également répartie dans toute la masse du grain.

Dès que l'eau est suffisamment absorbée, on en verse de nouveau sur le grain, en agitant avec soin. On ne doit jamais ajouter une quantité d'eau assez grande pour qu'elle ne puisse pas être absorbée : en opérant ainsi, le séjour du grain dans une grande quantité d'eau, avec perte de matières utiles qui se dissoudraient dans cette eau, n'a donc pas lieu.

Comme le but de cette opération est d'humecter le grain à l'intérieur, il est évident que le temps nécessaire pour que cet effet se produise, dépend tant de l'état de siccité du grain que de l'épaisseur de son enveloppe, de l'âge du grain, de la température de l'air. Le temps nécessaire varie par suite avec ces circonstances.

Stein (1) a fait des expériences sur un grand nombre de semences dans le but d'étudier leur tendance à absorber l'eau : de ces expériences, il résulte que, pour quelques-unes, au bout de 24 heures, pour d'autres, au bout de 48 heures (la semence étant considérée ici comme plongée sous l'eau), il n'y avait plus aucune absorption d'eau.

Les grains d'orge, lorsqu'ils sont complétement mouillés,

(1) Erdmann's *Journal für practische Chemie*, t. LXIII, p. 49.

ont augmenté en poids d'environ la moitié de leur poids primitif et en volume d'un quart de leur volume primitif.

Quant aux particularités pratiques qui ont rapport au bac dans lequel le lavage et le mouillage du grain s'opèrent, combien d'orge on y introduit par exemple en une seule fois, je crois pouvoir les passer ici sous silence.

Pour étudier l'influence de l'eau dans le mouillage du grain, j'ai maintenu l'orge dans l'eau pure pendant une demi-heure, j'ai enlevé cette eau et j'ai ajouté de nouveau de l'eau pure que j'ai laissée en contact avec l'orge pendant 20 heures. Cette eau, lorsqu'on l'évapore, laisse un résidu de matières solides, qui s'élève à 0,57 pour 100 de l'orge employée : ce résidu, de couleur brun foncé, est hygroscopique et partiellement soluble dans l'eau : la dissolution réduit le réactif cuivrique et donne un précipité par l'alcool. Le résidu de l'évaporation laisse, lorsqu'on le calcine, 14 pour 100 de cendres, d'où il résulte que l'eau qui est employée pour humecter le grain d'orge, lui enlève une quantité relativement assez considérable de sels solubles.

L'eau même qui a servi à humecter l'orge, donnait, par l'action de l'acétate basique de plomb, un abondant précipité formé d'une combinaison de l'albumine dissoute et d'oxyde de plomb, et la liqueur filtrée et séparée ainsi du précipité réduisait fortement le réactif cuivrique, ce qui venait de ce qu'elle contenait de la dextrine que l'eau avait enlevée au grain et qui n'avait pas été précipitée par la dissolution d'acétate de plomb basique. (Voyez plus loin.)

On reconnaît que l'orge est suffisamment humectée à ce que l'enveloppe du grain s'en détache facilement, à ce que le grain commence à s'ouvrir partiellement et à ce que le contenu du grain peut facilement s'aplatir entre les doigts.

Pour l'avoine, il faut un temps plus long pour atteindre le même degré de ramollissement ; pour le froment et l'orge, au contraire, il faut moins de temps.

Il est nécessaire ici que tous les grains contenus dans la masse puissent arriver à un même degré de ramollissement les uns que les autres, ce que l'on ne peut atteindre que lorsqu'on emploie pour cette opération des grains d'égale siccité et de même âge. En outre, chacun des grains doit être arrivé au même degré de ramollissement, non-seulement en son

milieu, mais aussi à ses extrémités, c'est-à-dire qu'il doit être également pénétré par l'eau.

Déjà, par ce que nous avons dit de cette première opération si simple, on voit bien combien il est nécessaire de mettre du soin dans le choix de l'orge. Ce n'est qu'en opérant sur de l'orge qui soit toute d'une même qualité que l'on peut obtenir, dans les circonstances indiquées, un degré uniforme de ramollissement de tous les grains : si l'on n'arrive pas à ce degré uniforme de ramollissement du grain, on doit s'attendre à ce qu'il ne se produise pas une transformation régulière des parties constituantes du grain et à ce que l'on n'obtienne pas une bonne bière, c'est-à-dire une bière dont la qualité reste constante.

Lorsque l'orge, ainsi pénétrée par l'eau, est mise en tas et exposée à une température déterminée, elle subit une série de modifications chimiques importantes qui, au bout de quelque temps, se manifestent au dehors à ce que la jeune plante commence à apparaître. C'est la série de modifications que l'orge subit ainsi, qui constitue le maltage proprement dit : l'orge doit, pour cela, être placée dans des endroits (*Malzsteine* des Allemands, *germoirs* des Français), dans lesquels la température varie peu.

On met l'orge en couches d'une épaisseur de quelques pouces, plus épaisses en hiver, plus minces en été. Les transformations chimiques qui ont lieu dans l'orge, déterminent la production d'une certaine quantité de chaleur, et la chaleur qui se produit ainsi, vient à son tour en aide à l'action chimique par laquelle le grain doit être converti en malt. Pour que l'action commence à se produire, on met quelquefois pendant plusieurs heures l'orge humectée en tas et on l'y laisse jusqu'à ce que la surface du grain paraisse humide: en effet, à partir de ce moment, la température s'élève rapidement jusqu'au ressuage. On met alors le grain en couches de l'épaisseur indiquée, en le maintenant à une température aussi constante que possible. Le grain devient d'abord sec et s'échauffe de manière à dépasser de 8° à 12° la température de l'air ambiant, puis il devient de nouveau humide à sa surface : son enveloppe crève et les premières radicelles commencent à apparaître ; cela a lieu environ 24 à 48 heures après que le grain a été étendu en couches de l'épaisseur indiquée : la production plus ou moins

rapide de ce phénomène dépend du reste nécessairement de la température de l'air ambiant. Plus cette dernière est élevée, plus la germination commence rapidement à se produire.

La manière d'opérer le maltage présente de grandes différences dans les brasseries des différentes localités : en Hollande, on laisse la température des couches de grains s'élever jusqu'à 12°, dans d'autres endroits, en Angleterre par exemple, jusqu'à 18°, dans d'autres, comme en Bavière, jusqu'à 25°. — En Bavière, on laisse même quelquefois la température s'élever jusqu'à 30° vers la fin de l'opération (1).

En général, une marche lente de cette transformation chimique est favorable à la préparation de la bière. Dès que, par conséquent, les premières radicelles commencent à apparaître, on remue le grain et on en détermine ainsi le refroidissement, on diminue l'épaisseur de la couche et on ralentit ainsi l'action chimique. On attend que la radicule se soit développée, mais non la plumule qui ne se développe que plus tard : et, lorsque la radicule a atteint une longueur qui représente 1 fois $^1/_4$ à 1 fois $^1/_2$ celle du grain, pour l'orge, et qui soit égale à une fois celle du grain, pour le froment, on considère le maltage comme terminé : ce n'est du reste qu'en remuant

(1) L'élévation de température qui se produit dans la germination et que Thomson a vu s'élever jusqu'à 38°, est toute différente lorsqu'on n'entasse pas, comme dans le maltage, de grands amas de grains les uns sur les autres, mais lorsque, au contraire, on opère sur de petites quantités : dans le dernier cas, le refroidissement est plus rapide. En opérant sur 140 grammes de pois qui avaient été ramollis par un séjour de 24 heures dans l'eau, de Saussure a observé une élévation de température de 0°,6 à 1°,44 et 0°,87. Dans ces expériences et dans d'autres, il a cru voir une relation directe entre l'élévation de température et la quantité d'oxygène absorbée. (Poggendorf's *Annalen*, t. XXXII, p. 209.)

L'élévation de température qui se produit dans les portions de plantes à l'état humide, lorsqu'elles sont accumulées en masse, est un fait bien connu : tout le monde sait, en effet, que, dans ce cas, le foin, le tabac, etc., s'échauffent. Cette élévation n'est donc pas une condition inséparable, ni incontestablement nécessaire, de la germination. Dans la fabrication de la bière, on élève, en s'appuyant sur l'expérience, la température jusqu'au ressuage, dans la pensée que la transformation s'opère mieux ainsi.

Si une température aussi élevée était nécessaire en général pour la germination de la semence, les semences placées dans le sol seraient dans une situation défavorable.

Cette température élevée est-elle utile dans le maltage ? C'est une question qui, à mon avis, n'a pas été suffisamment étudiée : de là viennent les grandes différences que l'on rencontre dans les différentes brasseries, en ce qui concerne cette température.

de temps en temps les couches de grain pour répartir également la chaleur dans la totalité de la masse et maintenir partout la transformation chimique au même degré d'activité, de manière à régulariser l'opération, que l'on peut arriver à ce que les radicelles ne soient sur aucun point de la masse plus longues qu'il n'est nécessaire.

L'expérience a démontré que, lorsque les radicelles ont atteint la longueur indiquée, le grain a subi le degré de transformation le plus favorable pour la préparation de la bière et qu'un développement plus prononcé du grain serait nuisible. Cependant quelques brasseurs considèrent déjà la radicule comme trop longue lorsqu'elle a atteint une longueur de 1 fois $^1/_4$ à 1 fois $^1/_2$ celle de la semence.

Je crois que l'expérience qui, seule, peut permettre de décider lequel est le meilleur, fait ici défaut. Il ne suffit pas, du reste, que la radicule ait atteint telle ou telle longueur; mais il est plutôt nécessaire que cette longueur soit atteinte à une température déterminée et en un temps donné : la longueur de la radicule est considérée ici comme un signe certain du degré de transformation qui s'est produit dans le grain, tandis qu'il n'est qu'un signe certain des transformations qui ont eu lieu dans le grain pour arriver à une production de cellulose qui ne paraît nécessairement pas concordante avec la production de la substance que l'on a désignée sous le nom de diastase.

Lorsque la germination a atteint le point voulu, on étale les couches de malt de manière qu'elles deviennent très-minces, et on établit même dans le germoir un courant d'air afin de refroidir le malt et d'empêcher toute transformation chimique ultérieure, et aussi afin de dessécher rapidement le malt. La préparation du malt dure en tout de 10 à 14 jours. En Écosse, elle demande 18 à 21 jours, ce qui vient peut-être de la température à laquelle on opère et qui est plus basse ; en France, il faut seulement de 8 à 10 jours.

Le développement de la plumule est considéré comme un fait tout à fait regrettable dans la préparation du malt de bonne qualité, mais on ne peut pas toujours l'éviter entièrement. Lorsque la radicule a atteint une fois et demie la longueur du grain, la plumule possède une longueur égale à la moitié de celle du grain.

Par le maltage, le grain d'orge a augmenté de la moitié, quelquefois des deux tiers de son volume : mais en même temps il est devenu plus mou et plus facile à réduire en poudre. Il a perdu une certaine portion de son poids. En admettant que les racines qui se sont développées pendant la germination, sont séparées, on a (l'orge et le malt étant tous deux supposés secs) 8 pour 100, sans les radicelles qui constituent 4 1/2 pour 100 du poids primitif du grain (1) : le chiffre de 5 pour 100 de radicelles que l'on admet généralement me paraît trop élevé. On doit d'autre part tenir compte des détritus qui se sont détachés mécaniquement du grain par suite du frottement auquel il a été soumis pendant qu'on le remuait ; 1 1/2 pour 100 de perte au maximum (2) par le mouillage, 3 pour 100 par la germination et 3 1/2 par la séparation des radicelles me paraissent représenter le chiffre moyen de la perte.

Scheven (3) a fait l'analyse chimique des radicelles qui ont pris naissance pendant le maltage et dont on a effectué ensuite la séparation.

100 livres de malt ont donné 3 livres de radicelles. Les radicelles qui ont servi à l'expérience *a*, contenaient 7 pour 100 d'eau ; celle de l'expérience *b*, 20 pour 100. Desséchées à 100°, elles ont donné :

	a	*b*
Fibre ligneuse	18,3	23,6
Substances non azotées	48,8	39,6
Substances azotées	25,5	28,6
Cendres	7,3	8,0

Les germes sont donc très-riches en matières albumineuses : on les emploie la plupart du temps comme engrais, et lorsqu'on considère le dégagement abondant d'ammoniaque

(1) Proust (*Annales de chimie et de physique*, 1817, 2e série, t. V, p. 342) a prétendu que l'orge a perdu par la germination 1/3 de son poids.

Thomson (*Annales de chimie et de physique*, 1817, 2e série, t. VI, p. 216) émet avec raison une opinion contraire : l'orge et le malt étant tous deux supposés secs, Thomson a trouvé 8 pour 100 de perte, ce qui s'accorde avec les résultats obtenus en grand.

(2) Nous avons indiqué, p. 93, que, dans une expérience, nous avons obtenu seulement 0,57 pour 100, et cela en employant de l'eau distillée. Un résultat de 1 1/2 pour 100 trouvé pratiquement me paraît donc douteux.

(3) Erdmann's *Journal für practische Chemie*, t. LXVI, p. 311 et 318.

qu'ils produisent en se putréfiant, on comprend qu'ils sont éminemment propres à cet usage. — En ce qui concerne les principes qui exercent une action utile dans la préparation de la bière, on peut admettre comme terme moyen que par la séparation de ces radicelles, il se produit, pour la préparation de la bière, une perte de 0,75 à 1 pour 100 des matières albumineuses qui étaient contenues dans l'orge. En outre, il est évident que la matière cellulaire des radicelles s'est produite aux dépens des substances utiles du grain, et que, à ce point de vue, une certaine quantité de substances utiles a été perdue pour la préparation de la bière : les matières non azotées solubles et les substances inorganiques contenues dans la radicule nous représentent encore un autre mode de perte : en effet la radicule n'a pu les prendre que dans le grain. — Nous ferons plus loin les comptes de ces pertes.

On sépare les radicelles parce qu'elles donneraient un mauvais goût à la bière : dans l'examen ultérieur de la bière, il n'en sera par conséquent plus fait mention.

Avant d'étudier de plus près les modifications qui se sont produites dans le grain pendant le maltage, nous croyons devoir examiner quelles sont les circonstances extérieures qui favorisent la germination et quelle action l'air atmosphérique exerce sur le grain en germination, et réciproquement quelle action le grain en germination exerce sur l'air atmosphérique.

La lumière exerce une action contraire à la germination : cela est du moins très-certainement vrai pour la lumière directe du soleil. Dans le maltage, ce n'est pas précisément pour mettre le grain à l'abri de la lumière qu'on l'enferme : mais comme on a besoin, pour la germination, d'une température uniforme et comme c'est dans des espaces fermés qu'on l'obtient le mieux, la lumière n'exerce dans le maltage qu'une action très-limitée. — En ce qui concerne le fait que c'est dans l'obscurité que la germination s'opère le mieux, la germination des semences dans le sol peut en être considérée par nous comme une démonstration.

Leuchs a fait les expériences suivantes sur la germination de semences d'une même plante. Dans l'obscurité, elles germaient au bout de 14 heures; si on les recouvrait de papier noir, il leur fallait 18 heures pour germer; avec du papier blanc, il leur fallait 26 heures; avec du papier huilé, 34 heures;

à la lumière du jour, 48 heures : et si, au moyen d'un miroir, la force de la lumière était encore augmentée, il leur fallait 55 heures pour germer.

Cependant, d'après de Saussure, la lumière du soleil n'exerce une action contraire à la germination que, parce que la chaleur qui l'accompagne, dessèche le grain. Il a vu, à la lumière diffuse, des semences préalablement humectées, placées les unes sous une cloche opaque, les autres sous une cloche transparente, germer avec la même rapidité.

Cette opinion se trouve en contradiction avec les expériences plus récentes de Gladstone (1). Cet expérimentateur a en effet trouvé que la germination du froment et des pois s'opère plus rapidement lorsqu'on soustrait les semences aux rayons chimiques de la lumière solaire.

Je n'ai pas fait de nombreuses expériences sur ce sujet, mais je puis affirmer d'une manière positive que le développement de l'orge ne s'effectue pas plus rapidement dans l'obscurité que lorsqu'elle est exposée à la lumière, en tant que la température de l'endroit exposé à la lumière n'est que de 1 ou 2 degrés plus élevée que la température de l'endroit situé dans l'obscurité, les autres circonstances étant du reste exactement les mêmes. Au contraire, l'orge germe plus rapidement dans l'endroit exposé à la lumière. Après avoir opéré le mouillage d'une certaine quantité d'orge, en la maintenant dans l'eau pendant 24 heures, on en a mis la moitié dans l'obscurité dans l'intérieur d'une armoire et on a laissé l'autre moitié sur l'armoire, exposée à la lumière diffuse. Au bout de 48 heures, la moitié qui était exposée à la lumière, avait donné naissance à un germe de la longueur du grain d'orge, tandis que, pour la portion qui était dans l'obscurité le germe était à peine visible. — En ce qui concerne le fait que la lumière ne peut pas exercer ici une action avantageuse, il paraît s'accorder avec ce que nous savons de l'action de la lumière sur les parties des plantes qui poussent au-dessus du sol : elles donnent en effet naissance à un dégagement d'oxygène et il s'y produit de la chlorophylle ; dans la germination, c'est précisément l'opposé qui a lieu : en effet il y a absorption d'oxygène, et il serait vraiment étrange que la lumière n'exerçât pas dans ce cas

(1) *Chemical Gazette*, 1854, p. 417.

une action défavorable. — Ce que nous avons observé pour l'orge, peut ne pas être vrai pour une autre semence : on ne peut en tirer aucune conclusion générale.

Schleiden a vu que la lumière exerçait sur la germination de l'orge une action retardatrice, en semant de l'orge dans du sable et en recouvrant une portion du sable avec une cloche de verre et une autre avec une cloche de zinc. Après l'apparition de la plumule, le résultat était, ainsi qu'on devait s'y attendre, entièrement à l'avantage du grain qui était exposé à la lumière (1).

En opérant de la même manière et à une température tout à fait identique, j'ai observé positivement une action quelque peu retardatrice de la lumière sur la germination. De l'orge bien humectée a été divisée en deux portions qui ont été mises toutes les deux à la lumière diffuse dans des capsules de porcelaine placées l'une très-près de l'autre : l'une des capsules a été recouverte d'une plaque de porcelaine, l'autre d'une plaque de verre. Au bout de 48 heures, il était déjà parfaitement visible que la germination de la portion placée dans l'obscurité était bien plus avancée.

Dans la germination des semences, une odeur agréable se fait généralement sentir : dans la germination de l'orge, c'est une odeur de pommes. D'après Becquerel, il se produit ici de l'acide acétique (2) ; mais il paraît incertain si l'acide acétique trouvé par lui était un produit direct de la germination ou s'il provenait de la transformation d'une certaine quantité de sucre qui se sépare du grain en germination (lorsque ce grain est placé dans l'eau). L'observation d'Edwards et de Colin qui ont remarqué une production d'alcool dans la germination du grain placé dans l'eau, paraît confirmer l'hypothèse d'une séparation de sucre.

La production de l'acide acétique dans la germination du froment, des lentilles, et des semences de chanvre a été confirmée par Matteucci (3) en faisant germer ces trois espèces de grains dans du carbonate de chaux bien lavé : dans la plupart des cas, il a trouvé qu'il s'était produit de l'acétate de chaux. Une expérience très-simple permet de reconnaître qu'il y a production d'acide dans la végétation : on n'a besoin que de

(1) Wolff, *Ackerbau*, 2e édit., t. I, p. 94.
(2) *Annales de chimie et de physique*, t. LII, p. 260.
(3) *Annales de chimie et de physique*, t. LV, p. 310.

placer une semence bien humectée sur un papier bleu de tournesol et de la maintenir humide; tout à l'entour de la semence, le papier devient rouge. — Si cet acide est de l'acide acétique, rien ne prouve que la production de cet acide soit due à la germination et qu'elle ne provienne de la transformation en acide acétique du sucre qui s'est séparé du grain pendant la germination. Une exsudation de matière sucrée de la nature de celle que nous venons d'indiquer, a en effet positivement lieu dans les semences amylacées en germination, en sorte que la question de la production de l'acide acétique reste encore sans solution définitive. Les nombreuses expériences de Becquerel dans lesquelles il a observé que des semences en germination rougissaient le papier de tournesol, ne prouvent donc rien. En ce qui concerne la nature de l'acide, on peut se demander si cet acide est bien de l'acide acétique et si ce n'est pas plutôt de l'acide lactique.

Matteucci considère la production d'une petite quantité d'acide dans la germination comme nuisible au développement ultérieur du germe. Il a trouvé que l'addition d'une petite quantité d'alcali (potasse, soude, ammoniaque), à l'eau dans laquelle les semences germent, accélère le développement de ce germe, ce qu'il attribue à ce que cette petite quantité d'alcali sature l'acide libre qui s'est produit. Il a en outre observé que, dans l'acide nitrique et dans l'acide sulfurique étendus, la germination s'opère bien plus lentement et que, dans l'acide acétique, la germination est nulle.

Il y a des substances qui accélèrent la germination et d'autres qui y mettent obstacle. C'est un fait généralement admis que, par l'action d'une petite quantité de chlore, quelques semences un peu anciennes ont pu redevenir susceptibles de germer. Cependant l'expérience n'a pas donné à cet égard des résultats aussi favorables qu'on le pensait d'abord. Sur les semences, qui, comme la semence de moutarde, contiennent une huile âcre, le chlore exerce une action favorable : sur les pois et les haricots, le chlore n'a aucune action : sur les semences oléagineuses, il exerce une action contraire à la germination.

La chaux libre est généralement recommandée pour accélérer la germination. On considère la chaux comme exerçant dans ce cas une action utile, parce qu'elle absorbe immédiatement l'acide carbonique qui se dégage du grain en ger-

mination et accélère par suite l'absorption de l'oxygène de l'air. Une autre raison qui me paraît bien plus juste, est que la chaux sature l'acide dont la production dans la germination de toute espèce de semence vient d'être l'objet de notre examen. Je pense que, à cet égard, les résultats de Matteucci doivent être admis.

Huber avait déjà reconnu, il y a longtemps, que l'essence de térébenthine même en très-petite quantité est nuisible à la végétation. Chevreul a confirmé cette observation (1). Il est bien certain que d'autres huiles volatiles peuvent exercer une action analogue : mais on ne sait rien de plus sur ce sujet. D'après mes observations, les grains de café germent dans des dissolutions très-étendues de soude et dans de l'acide chlorhydrique très-étendu aussi rapidement que dans l'eau. Je n'ai pas répété l'expérience sur d'autres semences, mais j'ai trouvé pour le café que les acides, pas plus que les alcalis, ne paraissent exercer aucune influence sur la germination de cette graine. Cette observation ne s'accorde pas avec celle de Matteucci. Pour d'autres semences, il peut cependant bien en être autrement.

En ce qui concerne les expériences de Becquerel et de Matteucci (2) par lesquelles ils voulaient prouver que l'on doit considérer la semence en germination comme un système électro-négatif qui attire la base et repousse l'acide, je crois pouvoir ne pas m'y arrêter. Il me paraît cependant utile d'indiquer ici une expérience de Matteucci. En soumettant à l'action d'un courant galvanique peu énergique des lentilles placées dans l'eau, il a trouvé que les lentilles qui se trouvaient du côté du pôle négatif germaient les premières et que celles qui étaient placées du côté du pôle positif, ne germaient que plus tard.

Les transformations chimiques qui se produisent dans l'acte de la germination, ne peuvent pas être expliquées avec netteté : en effet cette question forme encore, par exception, un champ presque inexploré jusqu'ici. On doit du reste reconnaître que c'est une des questions les plus difficiles que l'on puisse rencontrer.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLI, p. 757.
(2) *Loc. cit.*

Si l'on ne s'occupe que d'une espèce de semence en particulier, on est encore arrêté par les difficultés inhérentes aux différentes périodes de la germination : le commencement de l'action chimique dans une substance qui, jusque-là, était restée presque complétement en repos au point de vue chimique ; la continuation de l'action chimique dans la semence même ; l'apparition de la radicule et ensuite de la plumule, et, par suite, le développement de l'action chimique à l'intérieur et à l'extérieur de la semence, le développement de l'action chimique à l'extérieur de la semence étant cependant relié avec le développement de l'action chimique à l'intérieur ; et, en dernier lieu, la fonction de la germination d'une part et la fonction de la nouvelle plante d'autre part, ces deux fonctions pouvant n'avoir presque rien de commun.

Il en est ainsi pour chaque espèce de semence que l'on soumet à l'analyse. Mais chaque espèce de semence présente sa composition particulière, son mode d'action chimique spécial, dès que l'activité chimique commence à s'y manifester. Une subdivision des semences en semences amylacées, oléagineuses, légumineuses, etc., et un examen de chacune des classes d'une pareille subdivision ne nous conduiraient donc pas à la découverte de la vérité ; en effet l'amidon, l'huile grasse, l'huile éthérée ou la légumine, etc., peuvent bien être pour quelque chose, et même, dans certains cas, pour beaucoup, dans la détermination de la nature chimique de la semence : mais elles ne sont pas tout à beaucoup près.

Il ne doit donc pas paraître étonnant que, dans les expériences que l'on a faites dans le but d'étudier les transformations chimiques qui se produisent dans la germination, on se soit déterminé à prendre d'abord les matériaux de ces expériences dans les greniers où l'on met les provisions de pois, de haricots, d'avoine et d'orge : que l'on ait pris simplement des semences. Mais il ne doit pas non plus paraître étonnant que les efforts d'expérimentateurs, même très-distingués, n'aient été couronnés que de résultats peu satisfaisants.

A-t-on été plus heureux dans les résultats que l'on a obtenus à une époque plus récente et même à l'époque actuelle ? L'étude de cette question est encore la tâche la plus ingrate que l'on puisse entreprendre : en effet nous manquons encore d'une base fixe qui puisse nous servir de point de départ,

puisqu'il n'y a pas encore une seule semence dont la composition soit connue avec une exactitude suffisante pour le but que nous nous proposons.

Dans l'étude de la germination au point de vue chimique, nous rencontrons d'abord trois questions principales qui demandent une solution.

1° Quelle est l'influence de l'air environnant sur la semence en germination ? c'est-à-dire quel est celui des principes contenus dans l'air qui est absorbé ?

2° Quelle est l'influence de la semence en germination sur l'air environnant ? c'est-à-dire quels sont les produits gazeux qui prennent naissance ?

3° Quelles sont les transformations de substances qui se produisent dans la semence même ?

Pour que, en répondant à ces trois questions, on ne s'égare pas dans des phrases inutiles, il faut que l'on connaisse exactement ce qui constitue primitivement la semence. Or on ne connaît pas seulement la composition d'une seule semence.

Nous devons donc nous contenter de faits généraux dont quelques-uns cependant se trouvent être d'une grande importance. Ce n'est en aucune manière à la période la plus rapprochée de la science que nous sommes redevables de ces résultats. Senebier, Huber, Lefébure, Schèele, Ellis, Gough, Th. de Saussure avaient déjà mis en lumière les faits généraux presque à l'état où nous les trouvons actuellement (1).

Je crois devoir résumer en peu de mots ce que nous connaissons sur ce sujet. La question est excessivement difficile : en effet la semence ne peut pas être humectée au moyen de l'eau sans que des modifications chimiques y aient lieu, même longtemps avant que l'on puisse découvrir aucune trace de germination. Avant que la semence ait été exposée à l'action de l'air, il peut, par le simple fait de son humectation, se produire à l'intérieur du grain une certaine action chimique que l'on peut considérer comme un commencement de germination. Il est possible que l'air, tant celui qui pouvait être renfermé dans la semence que celui qui pouvait être dissous dans l'eau qui a servi à humecter la semence, ait commencé im-

(1) De Candolle, *Physiologie végétale*, t. II, p. 267; et *Annalen der Pharmacie*, t. XIII, p. 134.

médiatement à exercer avec l'eau son action sur la semence : mais, quoi qu'il en soit, il est bien positif que, si l'on doit distinguer différentes périodes dans la germination, on doit considérer comme la première celle dans laquelle aucune trace de germination n'a encore lieu, bien que cependant il se soit déjà produit une action chimique. La germination est à proprement parler le résultat de cette action.

En ce qui concerne la question de savoir si la germination commence à se produire comme conséquence d'une première humectation qui y prédispose la semence ou qui détermine l'action même, les expériences publiées jusqu'ici font connaître les phénomènes suivants.

Je veux d'abord indiquer quelque chose d'analogue à la respiration des animaux ; une fonction des semences en germination, en opposition avec la fonction des parties vertes des plantes. Les semences en germination absorbent l'oxygène de l'air et laissent dégager de l'acide carbonique.

Sans oxygène, la germination est impossible.

Dans une atmosphère artificielle qui contient moins d'oxygène et plus d'azote, d'acide carbonique ou d'hydrogène que l'air atmosphérique, la germination devient de plus en plus lente à mesure que la quantité d'oxygène diminue et que la quantité d'azote, d'acide carbonique ou d'hydrogène augmente.

Une grande quantité d'acide carbonique dans une atmosphère est nuisible à la germination. Gladstone (1) a vu que la semence qui était placée dans une atmosphère dans laquelle il se trouvait autant d'acide carbonique et autant d'oxygène qu'il existe d'azote et d'oxygène dans l'air atmosphérique, se pourrissait, mais ne germait pas.

Dans le vide ou dans une atmosphère d'hydrogène, la germination n'a pas lieu.

Dans le gaz oxygène pur, au contraire, la germination est trop rapide pour que les plantes qui se produisent, se développent bien. (Les résultats trouvés par un grand nombre d'observateurs s'accordent sur ce point.) .

C'est dans une atmosphère qui contient 1 d'oxygène et 3 d'azote que la germination agit le mieux. (Lefébure.)

(1) *Chem. Gazette*, 1855, p. 420.

En ce qui concerne la quantité de l'oxygène absorbé et la quantité de l'acide carbonique dégagé, les résultats des divers expérimentateurs ne sont pas d'accord : il ne devait du reste pas en être autrement, puisque tous les observateurs n'avaient pas pris la même graine pour point de départ de leurs expériences et n'avaient pas établi entre les différentes périodes de la germination, une distinction précise et concordante. — Nous indiquerons ici quelques-uns des résultats obtenus.

Dans la germination des pois, le volume de l'air n'a pas changé ; l'oxygène absorbé a été remplacé par un égal volume d'acide carbonique. (Schèele.)

La quantité de l'oxygène absorbé est beaucoup plus grande que la quantité de l'acide carbonique dégagé. (Ellis.)

Dans la germination du froment et de l'orge, la quantité de l'acide carbonique produit est égale à la quantité de l'oxygène absorbé. (De Saussure.)

Pour les fèves, la quantité d'acide carbonique est plus grande. (De Saussure.)

Pour d'autres semences, c'est le contraire. (De Saussure.)

Dans les gros haricots et les lupins, la quantité de l'acide carbonique dégagé est plus grande que la quantité de l'oxygène absorbé : plus tard, c'est le contraire qui a lieu : entre les deux périodes, il en existe une autre dans laquelle la quantité de l'ogygène absorbé est égale à la quantité de l'acide carbonique dégagé. (De Saussure.)

Le volume de l'air dans lequel les semences ont germé, a, en somme, tant soit peu diminué pendant la germination : pour d'autres semences, il a au contraire quelquefois beaucoup augmenté. (De Saussure.)

Les résultats indiqués ont été obtenus dans l'air atmosphérique. Si, au lieu d'air atmosphérique, on emploie de l'oxygène pur, la quantité de l'oxygène absorbé est, pour toutes les semences indiquées, plus grande que la quantité de l'acide carbonique dégagé (De Saussure), et De Saussure pense que, bien que le fait ne puisse pas toujours être sensible dans les expériences faites dans l'air atmosphérique, la semence s'assimile toujours dans la germination une certaine quantité d'oxygène que l'on ne peut pas retrouver dans l'acide carbonique dégagé.

Dans la germination, une petite quantité du gaz azote de

l'air ambiant est absorbée, et De Saussure n'attribue pas cette absorption à une simple cause physique.

De tout ce que nous venons de dire, il résulte que l'action réciproque de l'air et de la semence en germination l'un sur l'autre a besoin d'être éclaircie par de nouvelles expériences pour que ce que l'on en sait, puisse passer à l'état de notion tant soit peu coordonnée. Ce que nous observons en opérant sur une espèce de semence, peut ne pas avoir lieu lorsqu'on opère sur une autre.

Chaque semence est un mélange spécial de substances dont quelques-unes peuvent être entraînées dans la sphère d'action de la fermentation germinative, soit comme parties constituantes essentielles, c'est-à-dire actives, dont dépend l'essence même de la germination, soit comme parties constituantes, en quanité tout à fait peu considérable, qui peuvent manquer sans modifier aucunement le caractère de la semence comme substance douée de la propriété de germer.

Un exemple rendra plus clair ce que nous disons en ce moment : une substance qui contient une huile éthérée, pourrait très-bien germer sans cette huile. Pendant la germination de cette semence, l'huile se résinifie, absorbe l'oxygène : cette absorption est donc la conséquence d'une réaction qui n'a rien de commun avec la germination, et cependant elle pourrait être mise sur le compte des modifications provenant de l'acte de la germination.

Avant de pénétrer plus profondément dans le sujet qui nous occupe ici, je crois devoir indiquer quelques expériences faites dans ces derniers temps, qui ne nous fourniront cependant aucun éclaircissement nouveau sur le phénomène de la germination. Elles concernent la composition des semences déterminée dans le but de connaître ce que la semence a enlevé à l'air et ce qui s'est dégagé.

De Saussure a observé que les pois, en germant, perdent 4,75 pour 100 de leur poids, et cependant, dans l'acide carbonique de l'air, on a trouvé après la germination 1 pour 100 seulement de carbone. D'où provient cette perte de poids de 3,75 pour 100 que la semence a subie? On a cherché à répondre à cette question et à d'autres analogues; mais ces questions sont trop en dehors du domaine de la science pour que l'on puisse s'attendre à une réponse précise.

La question devient encore plus difficile à résoudre lorsqu'on a laissé la germination continuer sa marche pendant longtemps, de manière que la jeune plante ait déjà commencé à se développer, parce que deux modes différents d'action se trouvent en présence : transformation de la semence et développement de la nouvelle plante. Ces deux modes d'action peuvent du reste n'avoir rien de commun.

Un résultat généralement admis jusqu'ici, est que toutes les jeunes plantes pèsent moins que la semence dont elles proviennent. Boussingault a trouvé que les pois ont perdu en 26 jours, par leur germination et leur transformation en de nouvelles plantes, 52 pour 100 de substance supposée sèche. Des grains de froment ont perdu en 51 jours 57 pour 100. Schleiden a observé au mois de janvier dans des fèves, en un espace de temps de 16 jours, une perte de 29 pour 100 ; dans des pois, en 18 jours, 23 pour 100 ; dans des grains de froment, en 18 jours, 23 pour 100 ; dans des grains de seigle, en 12 jours, 15 pour 100 ; dans des grains d'orge au mois d'août, en 7 jours, 68 pour 100 ; dans des vesces au mois de mai, en 18 jours, 17 pour 100 (1).

En ce qui concerne la préparation de la bière, nous n'avons pas besoin de connaître les modifications que le grain subit en un nombre de jours aussi grand : nous avons besoin seulement de connaître les métamorphoses qui se produisent dans le grain en germination jusqu'au moment où la radicule a atteint 1 fois $^1/_4$ à 1 fois $^1/_2$ la longueur du grain et où la plumule n'est pas même visible.

Boussingault (2) a fait sur ce sujet des recherches qui paraissent présenter un plus grand cachet d'exactitude. Il a trouvé que le poids du carbone qui s'est séparé sous forme d'acide carbonique pendant la germination est toujours moindre que la perte que les semences ont subie dans la germination, si l'on a soin de dessécher, avant et après l'expérience, les semences à la même température, et il attribue en partie ce fait à ce que la semence perd de l'oxyde de carbone qui est transformé en acide carbonique par l'oxygène de l'air. Il a desséché à 110° des semences de trèfles, par exemple, puis

(1) Wolff, *loc. cit.* La perte me paraît trop élevée.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 1838, t. LXVII, p. 18.

il les a humectées avec de l'eau. Lorsque la radicule est arrivée à une longueur de 0,01, il a desséché de nouveau à 110° la semence germée afin d'en arrêter la germination. En effectuant alors l'analyse élémentaire des semences non germées, il a trouvé :

	Poids du froment.	C.	H.	N.	O.
Semences non germées, à 110°.	2,405	1,222	0,144	0,173	0,866
Semences germées, à 110°.....	2,241	1,154	0,141	0,179	0,767
Différence.....	0,164	0,068	0,003	+0,006	0,099

La perte totale était de 0,164, la perte de carbone étant de 0,068.—Si c'était de l'oxyde de carbone qui s'était dégagé de la semence, cet oxyde de carbone, pour une quantité de carbone s'élevant à 0,068, devrait être de 0,159, nombre qui se rapproche beaucoup du nombre 0,164 qui représente la perte totale de la semence. Avec 0,091 d'oxygène provenant de l'air, ces 0,159 d'oxyde de carbone ont pu être transformés en acide carbonique, en sorte que le volume du mélange gazeux soumis à l'expérience a dû nécessairement augmenter.

Cependant, pour mieux nous rendre compte de ce qui se passe, nous devons comparer ensemble tous les résultats. Le carbone, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène ont perdu 0,068 + 0,003 — 0,006 + 0,099 = 0,164, la perte totale de la semence étant de 0,164. L'imperfection des procédés d'analyse élémentaire ne permet, lorsqu'il s'agit de quantités aussi petites, d'en tirer aucune autre conclusion si ce n'est que la semence entière a subi une perte, qui est à peu près égale à la somme des pertes de chacun de ses éléments. La quantité d'azote trouvée n'était certainement pas pondérable, et, sur les 144 parties d'hydrogène trouvées, on ne pouvait pas être sûr du résultat à 3 parties près. Nous devons donc laisser les 0,006 et 0,003 = 0,009 hors de compte et dire que l'expérience n'a rien décidé à cet égard.

Comme, pour la formation de l'acide carbonique, il est sorti de la semence 0,099 d'oxygène et comme ce chiffre diffère peu de 0,091 d'oxygène (qui est la quantité d'oxygène qu'exigent 0,068 de carbone pour former de l'oxyde de carbone), tout le résultat des recherches de Boussingault se borne à « une perte des éléments de l'oxyde de carbone que subit la

semence et à une absorption de l'oxygène de l'air suffisante pour qu'il se produise de l'acide carbonique. »

Des grains de froment sur lesquels les mêmes expériences ont été répétées, ont donné des résultats analogues. Mais il n'en était ainsi que dans la première période de la germination. Aussitôt que la plumule a commencé à se montrer et est devenue verte, elle détermine, comme toutes les parties vertes des plantes, une *décomposition* de l'acide carbonique existant, et il devient alors impossible de se rendre compte de ce qui avait réellement eu lieu dans la germination.

Si nous pénétrons dans le détail des expériences de Boussingault sur le froment, nous trouvons les résultats suivants. Dans la première colonne, est indiqué le poids du froment avant la germination et celui de la semence germée, le tout supposé sec. Dans la première période de la germination, la radicule était développée, mais la plumule n'était pas encore visible; dans la seconde période, les germes étaient aussi longs que la semence ; dans la troisième période, les germes avaient une longueur de 3 à 5 centimètres.

	Poids du froment.	C.	H.	N.	O.
Froment.....	1,000	466	58	35	441
1re période.....	974	458	57	36	423
2e période.....	966	439	57	36	434
3e période.....	841	397	51	36	357

La quantité de l'azote et celle de l'hydrogène ne subissent aucune modification dans la première, ni dans la deuxième période de la germination : la différence porte donc seulement sur le carbone et sur l'oxygène.

Première période : perte de carbone 8, et perte d'oxygène 18.

Deuxième période : perte de carbone 19, et absorption d'oxygène 11.

D'après l'inspection de ces résultats, il paraîtrait s'être opéré une réaction tout autre que pour les semences de trèfle, et deux périodes aussi rapprochées l'une de l'autre auraient donné des résultats précisément opposés. Considérons ce résultat comme provenant d'une erreur d'expérience et comparons les résultats trouvés dans la troisième période avec les résultats fournis par le froment non germé.

Troisième période : carbone, 69 de moins que dans le fro-

ment; oxygène, 84 de moins; hydrogène, 7 de moins; en tout 160, la semence ayant perdu 159.

Pour que les 7 d'hydrogène puissent former de l'eau en s'unissant avec de l'oxygène, 56 d'oxygène sont nécessaires : 84 — 56 = 28 d'oxygène qui restent seulement pour se combiner avec les 69 de carbone. Il ne peut donc pas y avoir dans ce cas production d'oxyde de carbone. Mais si l'on considère les 7 d'hydrogène comme provenant d'une erreur d'expérience, les 84 d'oxygène sont presque suffisants pour former avec 69 de carbone de l'oxyde de carbone.

Ces expériences ne donnent donc aucun résultat satisfaisant.

Nous avons du reste plus d'un reproche à faire au mode même d'expérimenter. D'abord, il est impossible de dessécher convenablement la semence à 110°. Mais on peut observer ici que les grains germés étaient aussi desséchés à 110° et que, par conséquent, les circonstances étaient les mêmes. Il n'en est cependant pas ainsi. Dans la germination, il s'est opéré une transformation des substances albumineuses et de l'amidon. Aucune de ces substances n'est entièrement sèche à 110°, et, en outre, les substances contenues dans la semence germée diffèrent par leur nature des substances contenues dans la semence non germée, en sorte qu'il pourrait se faire qu'elles pussent retenir à 110° une quantité d'eau tout à fait différente. Cette seule circonstance montre positivement l'impossibilité où l'on est d'établir ici une comparaison entre les semences non germées et les semences germées, surtout lorsqu'il est question de milligrammes.

D'autre part, une grave erreur commise par Boussingault est de n'avoir pas desséché d'abord au moyen d'un courant d'air la semence germée, mais de l'avoir exposée à l'état humide à une température de 110°. Les semences germées, lorsqu'elles sont ainsi chauffées à l'état humide, deviennent immédiatement brunes en absorbant de l'oxygène et en laissant dégager de l'acide carbonique : c'est ce que Berzélius désigne par production de l'apothème et ce qui se produit dans l'évaporation de tous les sucs végétaux : c'est par suite de cette réaction que tous les extraits pharmaceutiques sont d'une couleur brune. En opérant comme l'a indiqué Boussingault, on ne se trouve pas seulement en présence du résultat que produit la germination, mais on se trouve aussi en présence

des effets qu'a produits une température de 110°. (*Voyez plus loin* : Malt desséché à la touraille.) Ces expériences ne peuvent donc rien nous apprendre sur l'acte de la germination.

En outre, ce serait un résultat bien pauvre et bien peu fécond que la constatation qu'il se dégage du grain de l'oxyde de carbone pendant la végétation, sans que l'on pût en aucune manière déterminer quelle est la partie constituante du grain aux dépens de laquelle cet oxyde de carbone s'est produit.

La confirmation par Vogel (1) du résultat trouvé par Boussingault que, dans la germination, il se dégage, outre l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, est de peu de valeur. Il sépare, du gaz qui s'est produit par la végétation, l'acide carbonique qu'il contient et le fait passer dans un tube rempli de fils de platine qui est porté au rouge. L'oxygène de l'air, dit-il, forme avec l'oxyde de carbone de l'acide carbonique : en effet l'eau de baryte est de nouveau troublée par le mélange gazeux après son passage par le tube incandescent.

Cette expérience démontre seulement qu'il existe dans l'air dans lequel la semence a germé, une substance volatile qui contient du carbone. Cette substance pourrait être une substance organique volatile : mais rien, dans les expériences de Vogel, ne prouve que c'est de l'oxyde de carbone même. Le lavage préalable au moyen de la dissolution d'un oxyde alcalin prouve seulement que la substance en question n'était pas un acide volatil.

N'oublions pas de rappeler ici que Vogel dit de ce gaz qu'il avait séparé l'acide carbonique seulement par des lavages au moyen de la potasse et de la baryte et qu'il avait ensuite fait passer le gaz dans le tube porté au rouge : « et nous avons toujours remarqué que l'eau de baryte s'en est plus ou moins troublée. »

D'après Boussingault, ce gaz n'est positivement que de l'oxyde de carbone : d'après Vogel, il contient une quantité « plus ou moins » grande d'oxyde de carbone.

Mais Boussingault n'avait pas voulu dire qu'il y avait réellement une certaine quantité d'oxyde de carbone qui devenait libre : son opinion était seulement que la semence perdait les

(1) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XXV, p. 255.

éléments de l'oxyde de carbone et que, par l'action de l'oxygène de l'air, le tout se transformait en acide carbonique.

Schlossberger (1), d'autre part, dit que, dans la germination, les semences ne deviennent relativement pas plus pauvres, mais qu'elles deviennent au contraire plus riches en carbone, et qu'il se dégage, pendant la germination, une quantité bien plus grande d'hydrogène sous forme d'eau. Cette hypothèse n'est du reste appuyée de l'indication d'aucune expérience.

Depuis la publication de cette œuvre en Hollande, Oudemans et Rauwenhoff ont publié les résultats des expériences qu'ils avaient entreprises sur la germination des semences. Les lecteurs qui voudront connaître les résultats qu'ils ont obtenus, pourront consulter leur travail (2) auquel je prendrai la liberté de les renvoyer.

Il est convenable de parler ici des modifications que les grains ont subies dans la germination : je veux parler des modifications de substances en tant qu'elles concernent les parties constituantes des grains qui ont le plus d'importance relativement à la fabrication de la bière.

Les connaissances que la science actuelle a recueillies sur ce sujet, sont excessivement peu considérables : aucune portion de la physiologie végétale n'a été plus négligée que celle-là. Tout ce que nous connaissons sur ce sujet, est résumé dans ce qui va suivre.

Orge. — Proust a donné, pour la comparaison des quantités relatives des parties constituantes de l'orge germée et de l'orge non germée, les nombres suivants [je réunis ensemble l'hordéine avec l'amidon et la matière cellulaire (p. 22)] :

	Orge non germée.	Orge germée.
Amidon et matières cellulaires...	87	68
Sucre.....	5	15
Dextrine.....	4	15
Glutine et mucine...	3	1
Résine jaune.....	1	1

Quelque pauvres que soient ces résultats, ils nous apprennent

(1) *Organische Chemie*, 1857, p. 120.

(2) *Scheikundige Verhandelingen en onderzoekingen*, 2e partie, 1er fascicule, p. 1.

cependant quelque chose par leur comparaison : en effet, ils ont été obtenus dans les deux cas par la même méthode.

La quantité de dextrine dont il se trouvait déjà une petite quantité dans l'orge, a visiblement augmenté par la germination.

Thomson a opéré, d'autre part, la détermination des modifications qui affectent dans la germination de l'orge la quantité des quatre éléments organiques et des parties constituantes inorganiques qui y sont contenues. Pour déterminer les quantités de ces éléments, il opérait sur de l'orge entièrement sèche et sur du malt d'orge également desséché. 100 parties d'orge sèche donnent 83,9 de malt touraillé et par conséquent également desséché. Ce sont donc ces quantités que l'on doit comparer entre elles. — Il a trouvé ainsi :

	100 parties d'orge sèche.	83,9 parties de malt touraillé.	Ramené par le calcul à 100.
Carbone	46,1	37,2	44,3
Hydrogène	6,6	5,9	7,0
Azote	2,0	1,2	1,4
Oxygène	41,4	38,4	45,7
Cendres	3,9	1,3	1,6

Ces résultats sont réellement des modèles d'inexactitude. — Nous y voyons que 100 parties d'orge donnent 83,9 parties de malt touraillé : la différence 16,1 est trop petite. La quantité d'eau contenue dans l'orge (p.25) atteint seule ce chiffre ; mais on doit en outre tenir compte des radicelles ainsi que de la perte provenant des modifications chimiques que les parties constituantes du grain ont subies, et du mouillage auquel il a fallu soumettre le grain afin de pouvoir le transformer en malt. — Des indications qui sont surtout inexactes, sont celles relatives aux cendres dont la quantité a été réduite par le maltage de 3,9 à 1,3, c'est-à-dire au tiers. Que sont devenus les deux autres tiers ? La proportion d'azote s'est abaissée de 2,0 à 1,2 et celle de l'hydrogène s'est élevée de 6,6 à 7,0.

Tel est le résumé de ce que nous savons sur les modifications que subit l'orge dans la germination. Ce n'est certainement pas beaucoup.

Froment. — D'après Théodore De Saussure (1) le froment subit, en germant, les modifications suivantes :

(1) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LIII, p. 260.

	Froment non germé.	Froment germé.
Amidon	72,7	65,8
Matières cellulaires	5,5	5,6
Sucre	2,4	5,1
Dextrine	3,5	7,9
Glutine et mucine	11,8	7,6
Albumine insoluble	1,4	2,7

Nous reconnaissons ici de nouveau la valeur des travaux du maître, lorsque nous tenons compte, ce qui est évidemment juste, de ce que, à l'époque de De Saussure, les méthodes analytiques étaient moins perfectionnées qu'elles ne le sont actuellement.

L'amidon a diminué, la dextrine a augmenté et il s'est produit du sucre. Les matières cellulaires ont augmenté, bien que ce soit seulement d'une quantité peu considérable, le gluten a diminué et les substances albumineuses insolubles ont augmenté.

Tels sont les faits que la science nous apprend sur la germination de l'orge. Ce n'est certes pas beaucoup.

En ce qui concerne les semences oléagineuses, les modifications qu'elles subissent en germant, paraissent avoir été étudiées avec plus d'exactitude, et, bien que la considération des semences oléagineuses ne puisse avoir aucune valeur pour le but que nous nous proposons d'atteindre, nous croyons que, en considération du peu de résultats analytiques que la science possède sur ce sujet, les recherches de Hellriegel (1) méritent d'être indiquées ici.

Ce chimiste distingue, dans la germination, le *commencement* et la *fin*, lorsque les cotylédons deviennent verts, et il divise la période intermédiaire en trois portions égales, ce qui fait, pour toute la durée de la germination, 5 périodes. Il a opéré, dans ses expériences, sur des semences de *brassica napus oleifera biennis*, et il a observé les modifications suivantes du poids de la semence.

1re période.	2e période.	3e période.	4e période.	5e période.
+ 1,15	— 2,37	— 2,54	— 2,84	— 3,18

On voit que, dans la première période, le poids de la semence

(1) *Journal für practische Chemie*, t. LXIV, p. 94, 1855.

augmente : cette augmentation est la conséquence d'une oxydation de l'huile grasse. Plus tard, le poids diminue : il y a absorption d'oxygène et dégagement d'acide carbonique et d'eau. Hellriegel a trouvé en outre les résultats suivants :

Composition des semences de brassica napus oleifera biennis dans les différentes périodes de leur germination.

	SEMENCES NON GERMÉES.	SEMENCES EN GERMINATION.				
		1re Période.	2e Période.	3e Période.	4e Période.	5e Période.
Huile grasse.....	47,09	47,76	43,77	41,00	38,66	36,22
Sucre, matière amère, acides organiques.....	7,69	8,68	10,52	12,36	13,67	15,41
Synaptase, pectine.	3,53	4,05	5,78	4,21	5,88	5,72
Pectose.....	12,64	12,90	11,39	12,07	11,82	11,28
Albumine, légumine	5,22	2,58	2,58	1,77	1,78	1,81
Matières protéiques insolubles.....	12,91	14,16	12,17	14,54	14,60	14,72
Cellulose, etc.....	7,22	7,30	7,82	7,83	7,16	7,98
Cendres.....	3,70	3,72	3,60	3,68	3,59	3,68
	100,00	101,15	97,63	97,46	97,16	96,82
Augmentation ou diminution de poids.		+1,15	—2,37	—2,54	—2,84	—3,18
		100				

Si nous voyons déjà, d'une part, que la quantité de l'huile diminue progressivement dans la germination, nous observons aussi, d'autre part, que les parties constituantes solubles augmentent dans la même proportion. D'où provient cet accroissement de substances solubles et de quelle nature sont les substances qui le constituent? cela ne peut pas être déduit de ses expériences.

Hellriegel n'a pas expliqué dans le mémoire cité ce qu'il

désigne par synaptase, pectine, pectose et légumine : je ne puis donc émettre aucune opinion en ce qui concerne ces substances. D'après ce chimiste, la synaptase et la légumine n'auraient pas changé de poids, ce qui paraît très-peu probable. Mais c'est un fait tout à fait digne de remarque que les substances albumineuses insolubles ont augmenté en poids presque dans la même proportion que les substances albumineuses solubles ont diminué. Si, d'autre part, nous laissons de côté la deuxième période dans laquelle le nombre indiqué pour les substances albumineuses insolubles est évidemment erroné, nous obtenons pour la somme des substances albumineuses tant solubles qu'insolubles les nombres suivants :

Semence non germée.	1re période.	3e période.	4e période.	5e période.
18,13	16,74	16,31	16,38	16,53

Il résulte de là que, surtout dans la première période de la germination (et plus tard seulement un peu plus), les substances albumineuses solubles sont en partie décomposées et en partie transformées en substances albumineuses insolubles.

Par la comparaison des résultats de l'analyse élémentaire des semences oléagineuses germées et non germées, Hellriegel a trouvé que la proportion du carbone et celle de l'hydrogène diminuent régulièrement jusqu'à la fin de la germination et que la proportion de l'oxygène augmente d'abord, revient dans la deuxième période à son chiffre primitif et augmente de nouveau régulièrement à partir de ce point jusqu'à la fin de la germination. La proportion d'azote était restée invariable dans toutes les périodes.

De ses analyses eudiométriques de l'air dans lequel les semences avaient germé, il résulte que, pendant tout le temps de la germination, la quantité de l'acide carbonique dégagé avait régulièrement augmenté.

Sur ce point, les expériences me paraissent défectueuses.

Autant que je puis le savoir, nous ne possédons aucune autre série d'expériences sur la différence qui existe entre les semences germées et les semences non germées.

Les expériences d'Oudemans indiquées p. 18 ont par conséquent une grande valeur. Je vais les passer en revue successivement et je rappellerai expressément que ces expé-

riences ont été exécutées sur des graines dont la transformation n'avait pas été poussée assez loin pour que l'acte de la germination fût entièrement accompli, pour que, par suite, la nouvelle plante fût déjà formée. Elles ne concernent que ce qui se passe dans les semences en germination avant d'arriver à la période où la plumule n'est encore que peu développée, la radicule étant bien développée, ainsi que cela est nécessaire pour la connaissance de la fabrication de la bière. Aussi pouvons-nous, conclure des indications fournies par ces expériences, que l'on doit renoncer à l'opinion que les substances albumineuses ne paraissent pas diminuer sensiblement de poids dans cette germination restreinte. Plus tard, lorsque la plumule commence à se développer plus complétement, il en est tout autrement; mais la semence arrivée à ce degré de développement n'a plus rien de commun avec le malt qu'il nous importe seul de connaître ici.

I. Orge.

	Orge.	Malt d'orge desséché à l'air.
Dextrine	4,5	6,5
Amidon	53,8	47,3
Sucre	»	0,4
Matières cellulaires	7,7	11,7
Substances albumineuses	9,7	11,0
Matière grasse	2,1	1,8
Cendres	2,5	2,6
Eau	18,1	16,1
	98,4	97,4

Si nous ramenons ces résultats à ce qu'ils seraient pour 100, les substances étant supposées sèches, nous obtiendrons :

	Orge.	Malt d'orge.
Dextrine	5,6	8,0
Amidon	67,0	58,1
Sucre	0	0,5
Matières cellulaires	9,6	14,4
Substances albumineuses	12,1	13,6
Matière grasse	2,6	2,2
Cendres	3,1	3,2
	100	100

Par l'examen de ces nombres, nous voyons:

1° Que, dans la germination de l'orge, ou bien il se produit une quantité très-peu considérable de sucre, ou bien une très-petite quantité seulement du sucre qui s'est formé, reste dans le malt : c'est là certainement une particularité digne de remarque, qui, autant que nous pouvons le savoir, est nouvelle. En effet, on trouve au contraire, dans toutes les œuvres qui traitent cette question, que, dans la germination, il se produit une quantité considérable de sucre.

2° Que la quantité de dextrine déjà préexistante dans la semence a augmenté presque de moitié par la germination : cette dextrine est en voie de se transformer en sucre, mais n'est pas encore du sucre.

3° Que la quantité d'amidon contenue dans la semence a diminué d'environ $^1/_7$, mais que la quantité de dextrine et de sucre n'a pas augmenté dans la même proportion.

4° Que la quantité des matières cellulaires a beaucoup augmenté et s'est élevée de 9,6 à 14,4 ; 14,4 — 9,6 = 4,8. Cette quantité se trouve par hasard précisément égale à la moitié de 9,6 : la quantité des matières cellulaires s'est donc élevée de 2 à 3. — Ce résultat présente, pour la préparation de la bière, une certaine importance au point de vue économique : en effet, par la transformation en malt, par la germination, l'amidon qui est doué de propriétés si éminemment nutritives, diminue, tandis que les matières cellulaires, si indigestes ou du moins d'une digestion si difficile pour l'homme, augmentent. Ce résultat nous démontre que, dans la préparation de la bière, la proportion des matières nutritives va en rétrogradant et nous fait connaître une conséquence importante de l'acte de la germination qui consiste en ce que, dans le grain, la cellulose nécessaire au développement de la plumule et de la radicule se produit aux dépens de l'amidon qui, probablement, s'est transformé d'abord en sucre ou du moins en dextrine.

Pour que l'on puisse bien comprendre ces résultats, nous croyons devoir rappeler ici que, dans les analyses d'Oudemans, on a opéré sur les grains en y comprenant les germes: cela est d'une grande importance au point de vue des conséquences à en tirer pour l'étude des différentes phases de la germination, et cela n'a aucun inconvénient au point de vue des con-

séquences à en tirer pour l'étude de la fabrication de la bière.

En faisant la somme des 4 substances non azotées, de nature analogue, qui sont contenues dans le grain et dans le malt, on obtient :

	Orge.	Malt d'orge.
Dextrine	5,6	8,0
Amidon	67,0	58,1
Sucre	»	0,5
Matières cellulaires	9,6	14,4
	82,2	81,0

Nous voyons qu'il y a eu une diminution qui est de 82,2 — 81,0 = 1,2 : il y a donc diminution, et cette diminution est la conséquence de ce que l'on devrait désigner à présent sous le nom de « respiration de la semence pendant la germination » et qui consiste en une absorption d'oxygène et une production simultanée d'acide carbonique et d'eau, provenant d'une oxydation d'une partie de l'amidon qui s'était transformé d'abord en dextrine, puis en sucre.

5° Que la quantité de matière grasse a diminué pendant la germination ; 2,6 — 2,2 = 0,4 ; et que cette diminution s'élève à peu près au $^1/_6$ de la quantité totale de la matière grasse contenue primitivement dans le grain.

6° En ce qui concerne l'augmentation de la quantité des substances albumineuses qui s'est élevée de 12,1 à 13,6, j'y reviendrai plus tard avec détail après avoir étudié préalablement les résultats obtenus avec les autres espèces de grains que l'on emploie le plus habituellement pour la préparation de la bière.

L'examen des quantités relatives des parties constituantes des autres espèces de grains, froment, orge et avoine, tant à l'état non germé qu'à l'état germé, et, dans ce dernier cas, l'examen des quantités relatives des parties constituantes des radicules ont de l'importance, non-seulement pour la fabrication de la bière, mais encore pour la connaissance des phénomènes de la germination et, par suite, aussi pour la connaissance plus approfondie de la préparation du malt d'orge.

II. Froment.

	Froment.	Malt de froment.. desséché à l'air.
Dextrine	4,5	6,2
Amidon	57,0	50,3
Sucre	»	1,6
Matières cellulaires	6,1	8,0
Substances albumineuses	11,5	11,9
Matière grasse	1,8	2,0
Cendres	1,7	1,8
Eau	16,0	14,4
	98,6	96,2

Si nous ramenons ces résultats à ce qu'ils seraient pour 100, les substances étant supposées sèches, nous obtiendrons :

	Froment.	Malt de froment.
Dextrine	5,5	7,6
Amidon	69,0	61,5
Sucre	»	2,0
Matières cellulaires	7,4	9,8
Substances albumineuses	13,9	14,5
Matière grasse	2,2	2,4
Cendres	2,0	2,2
	100	100

Par la comparaison de ces nombres, nous voyons :

1° Qu'il s'est produit dans la germination 2 pour 100 de sucre, par conséquent une quantité plus grande que dans l'orge ;

2° Que la dextrine, dans le malt de froment, s'est élevée de près de la moitié par rapport à celle contenue dans le grain non germé ;

3° Que la quantité de l'amidon a diminué de $^1/_9$ par la germination ;

4° Que la quantité des matières cellulaires a augmenté de 1/3 par la germination : en effet 9,8 — 7,4 = 2,4, et 3 × 2,4 = 7,2 ou presque 7,4.

Totalisons ensemble les matières cellulaires, l'amidon, la dextrine et le sucre, et nous aurons :

	Froment.	Malt de froment.
Dextrine	5,5	7,6
Amidon	69,0	61,5
Sucre	»	2,0
Matières cellulaires	7,4	9,8
	81,9	80,9

Ainsi, nous retrouvons entre le froment et le malt de froment une différence en moins comme entre l'orge et le malt d'orge.

5° Que la quantité des matières grasses n'a subi dans ce cas aucune diminution.

6° Que la quantité des substances albumineuses s'est élevée de 13,9 à 14,5.

III. Seigle.

	Seigle.	Malt de seigle desséché à l'air.
Dextrine	5,2	12,7
Amidon	56,5	42,1
Sucre	»	1,1
Matières cellulaires	7,8	11,9
Substances albumineuses	10,4	11,7
Matière grasse	1,4	1,5
Cendres	1,8	1,8
Eau	16,4	15,6
	99,5	98,4

Si nous ramenons ces résultats à ce qu'ils seraient pour 100, les substances étant supposées sèches, nous obtiendrons :

	Seigle.	Malt de seigle.
Dextrine	6,2	15,3
Amidon	68,0	50,9
Sucre	»	1,3
Matières cellulaires	9,4	14,4
Substances albumineuses	12,5	14,1
Matière grasse	1,7	1,8
Cendres	2,2	2,2
	100	100

De l'examen de ces nombres, il résulte :

1° Que, dans la germination du seigle, il s'est produit 1,3 pour 100 de sucre.

2° Que la quantité de dextrine s'est élevée par la germination de 1 à 2 $^1/_2$.

3° Que, dans la transformation du grain en malt, la quantité d'amidon a diminué de $^1/_4$.

4° Que la quantité des matières cellulaires s'est au contraire élevée de 9,4 à 14,4, c'est-à-dire qu'elle est montée à 5 en plus de 9,4 : elle a donc passé de 2 à 3.

Les matières cellulaires, la dextrine, l'amidon et le sucre, réunis ensemble, donnent :

	Seigle.	Malt de seigle.
Dextrine	6,2	15,8
Amidon	68,0	50,9
Sucre	»	1,3
Matières cellulaires	9,4	14,4
	83,6	81,9

Pour le seigle aussi, la somme de ces substances a diminué comme pour l'orge et pour le froment.

5° Que la quantité de matière grasse n'a pas diminué.

6° Que la quantité des substances albumineuses a augmenté.

IV. Avoine.

	Avoine.	Malt d'avoine desséché à l'air.
Dextrine	5,0	7,1
Amidon	47,0	37,3
Sucre	»	0,4
Matières cellulaires	14,5	22,6
Substances albumineuses	12,1	13,3
Matière grasse	5,4	4,1
Cendres	2,8	3,1
Eau	14,9	14,1
	101,7	102,0

Si nous ramenons ces nombres à ce qu'ils seraient pour 100, les substances étant supposées sèches, nous obtiendrons :

	Avoine.	Malt d'avoine.
Dextrine	5,8	8,1
Amidon	54,1	42,6
Sucre	»	0,5
Matières cellulaires	16,7	25,5
A reporter	76,6	76,7

Report.....	76,6	76,7
Substances albumineuses....	14,0	15,1
Matière grasse.....	6,2	4,7
Cendres.....	3,2	3,5
	100	100

Nous voyons également ici:

1° Qu'il s'est produit du sucre par la germination, mais seulement $^1/_2$ pour 100.

2° Que la dextrine a monté de 2 à 3.

3° Que la quantité d'amidon a diminué d'environ $^1/_5$.

4° Que la quantité des matières cellulaires s'est élevée de 2 à 3.

La somme de ces quatre substances est:

	Avoine.	Malt d'avoine.
Dextrine.....	5,8	8,1
Amidon.....	54,1	42,6
Sucre.....	»	0,5
Matières cellulaires.....	16,7	25,5
	76,6	76,7

Ou environ autant dans le malt que dans le grain.

5° Que la quantité de matière grasse a diminué.

6° Que la quantité des substances albumineuses a augmenté.

Après avoir ainsi examiné les résultats obtenus pour chaque grain en particulier, nous pensons qu'il n'est pas hors de propos de les passer en revue tous ensemble afin de voir quelles conclusions générales on pourrait en tirer.

1° Dans chacune des quatre sortes de grains, il ne s'est produit pendant la germination qu'une très-petite quantité de sucre comme résultat final de toutes les transformations chimiques qui avaient eu lieu pendant la germination.

2° La quantité de dextrine s'est élevée par la germination de 1 à 2 $^1/_2$ dans le seigle; dans les trois autres, elle s'est élevée de 1 à 1 $^1/_2$.

3° L'amidon a diminué de $^1/_4$, $^1/_5$, $^1/_7$, $^1/_9$.

4° La quantité des matières cellulaires a augmenté dans le froment de $^1/_3$ et dans les trois autres de $^1/_2$.

5° La somme de ces quatre substances est restée la même dans l'avoine; dans l'orge, le froment et le seigle, elle a diminué par la germination.

6° La matière grasse a diminué dans l'orge et dans l'avoine par la germination, tandis qu'elle a augmenté dans le froment et dans le seigle.

7° La quantité des substances albumineuses a augmenté dans les quatre sortes de grains.

Telle est l'expression brute des résultats des décompositions qui se sont opérées, telle qu'elle nous est fournie par la comparaison des nombres obtenus.

En ce qui a rapport aux quatre premiers points, il n'y a rien de plus à observer.

En ce qui concerne le cinquième point relatif à la question de savoir si la somme des matières cellulaires, de la dextrine, de l'amidon et du sucre a changé ou non, nous avons pour plus de simplicité admis que ces quatre substances avaient la même composition : cependant le sucre qui se trouve ici à l'état de sucre de fruits = $C^{12}H^{12}O^{12}$, ne présente pas la même composition que les autres : mais sa quantité est si faible que cette différence ne paraît pas pouvoir être d'une grande importance. Quant à la question de savoir d'où peut provenir la diminution de poids qu'a subie pendant la germination, dans les trois premières sortes de grains, la somme de ces quatre parties constituantes, tandis que, dans la quatrième espèce, il n'y a pas eu de diminution de poids, on restera toujours dans l'incertitude sur ce point tant que l'on n'aura pas allégué un autre motif au moyen duquel la diminution puisse être rendue évidente dans toutes les espèces. — Je reviendrai sur ce sujet en m'occupant de la question des matières albumineuses.

En ce qui concerne le sixième point relatif à l'augmentation ou à la diminution de la matière grasse, nous devons faire observer que, en opérant sur des grains qui contiennent aussi peu de matière grasse que les quatre espèces de grains indiquées, on peut à peine s'attendre à obtenir un résultat décisif quelconque sur cette question. Il faudrait pour cela analyser des semences qui contiendraient une plus grande quantité de matière grasse : or, dans ces dernières, on observe une diminution de matière grasse.

J'arrive maintenant au septième point, qui est relatif à l'augmentation des matières albumineuses. Personne ne peut admettre sérieusement l'augmentation de ces substances dans

la germination. Nous avons voulu seulement exprimer par là les résultats bruts de l'expérience. Il se produit au contraire, dans la germination, une trace d'ammoniaque, et il est par conséquent indubitable qu'une portion des substances albumineuses, quelque faible qu'elle puisse être d'ailleurs, a été décomposée.

Oudemans a fait, pour chaque espèce de grains, plusieurs déterminations d'azote : j'ai pris la moyenne de ses résultats qui étaient du reste presque concordants, en calculant la quantité des substances albumineuses sur une proportion de 15,5N. Je pense que nous avons là pour nos calculs une base bien déterminée qui nous permet, autant du moins que cela est possible, de déduire de la proportion d'azote la quantité des matières albumineuses. Il n'existe du reste pas de combinaison ammoniacale dans l'orge, ni dans le froment (p. 50).

Partant de là, je pense que nous devons précisément déduire de la quantité des matières albumineuses ce qui arrive pendant la germination relativement aux quatre principes non azotés (cellullose, amidon, dextrine, sucre) : admettons en effet que la quantité des matières albumineuses n'a pas diminué, ou n'a pas diminué d'une manière pondérable pendant la germination (et cette supposition est suffisamment fondée), nous pourrons partir de là pour répondre à la question de savoir si les quatre substances non azotées ont diminué ou non. La réponse à cette question peut alors être obtenue de la manière suivante :

Orge.

	Grain.	Malt.
Matières albumineuses	12,1	13,6
Les quatre substances non azotées	82,2	81,0
Les matières albumineuses étant représentées par...	100	100
Le calcul donne pour les quatre substances non azotées.	679	596

Froment.

Matières albumineuses	13,9	14,5
Les quatre substances non azotées	81,9	80,9
Les matières albumineuses étant représentées par...	100	100
Le calcul donne pour les quatre substances non azotées.	589	558

Seigle.

	Grain.	Malt.
Matières albumineuses	12,5	14,1
Les quatre substances non azotées	83,6	81,9
Les matières albumineuses étant représentées par	100	100
Le calcul donne pour les quatre substances non azotées.	669	581

Avoine.

Matières albumineuses	14,0	15,1
Les quatre substances non azotées	76,6	76,7
Les matières albumineuses étant représentées par	100	100
Le calcul donne pour les quatre substances non azotées.	547	508

Par l'inspection de ces chiffres, nous reconnaissons que, pour les quatre espèces de grains, la somme des quatre substances non azotées diminue pendant la germination et que cette diminution s'élève

Pour l'orge, à..... $^1/_8$
Pour le froment, à..... $^1/_{19}$
Pour le seigle, à..... $^1/_8$
Pour l'avoine, à..... $^1/_{14}$

de la quantité de ces matières qui existait primitivement dans le grain.

On peut considérer comme certain que cette diminution de la quantité des quatre substances non azotées s'effectue de la manière suivante : transformation de l'amidon en dextrine et de la dextrine en sucre : oxydation du sucre qui absorbe l'oxygène de l'air et se transforme en acide carbonique et en eau. Ce qui se passe en dehors de ce que nous venons de dire (voir les expériences de Boussingault, p. 108), nous pouvons sans inconvénient ne pas nous en occuper.

Il s'opère en outre une transformation de la dextrine en cellulose.

Nos connaissances en ce qui concerne la germination ne peuvent donc nous diriger que très-incomplétement dans l'étude de la fabrication de la bière : elles nous font cependant connaître qu'il s'y effectue une perte des principes utiles du grain. Voyons la valeur de cette perte pour l'orge seule : $^1/_8$ des

principes non azotés utiles se perd par oxydation pendant la germination, et, d'autre part, $^1/_{17}$ de ces mêmes principes se perd par la transformation de l'amidon en cellulose insoluble, en sorte que, dans la fabrication de la bière, 18 pour 100 des parties constituantes non azotées utiles du grain sont soustraits par la germination à la consommation de l'homme.

Si nous ajoutons à cela que, parmi les principes constituants du grain après sa germination, il ne se trouve que peu de sucre et qu'il ne s'est formé par la germination qu'une petite quantité de dextrine qui soit susceptible de se transformer en sucre, il nous sera facile de reconnaître que ce n'est pas dans la transformation des principes non azotés par la germination que nous devons chercher l'utilité de la germination préalable du grain que l'on veut employer à la préparation de la bière, mais que l'utilité de la germination doit venir plutôt de ce que les matières azotées, c'est-à-dire les substances albumineuses, subissent par la germination une modification de telle nature que, dans les traitements ultérieurs auxquels on soumet le grain germé, elles sont aptes à transformer l'amidon en dextrine, puis en sucre.

Dans tout ce que nous venons de dire, nous sommes parti de l'hypothèse que les matières albumineuses ne subissent aucune modification de poids pendant la germination. Cependant aucune des expériences que nous avons indiquées, n'en fournit la preuve. Il ne ressort pas non plus de ces expériences que ces substances subissent pendant la germination une augmentation ou une diminution de poids que l'on puisse apprécier au moyen de la balance. Boussingault a trouvé que la proportion d'azote n'était pour ainsi dire point modifiée (p. 109). Les substances albumineuses augmentent cependant relativement, c'est-à-dire par comparaison avec la quantité des quatre substances non azotées. C'est ce qui ressort de ce que nous avons dit (p. 118-124). Mais, dans la quantité de ces quatre substances azotées, il s'est opéré une modification : il s'est produit du sucre : il s'est formé de la cellulose : il s'est fait de la dextrine, et une partie de cette dextrine a été employée à la formation de la cellulose.

Mais d'où vient l'acide carbonique qui s'est produit ? Quelles sont les parties constituantes qui ont fourni les éléments nécessaires à sa production ? On ne peut pas le dire d'une manière

certaine. Il paraît cependant positif qu'il existe dans la germination deux périodes d'absorption de l'oxygène et de dégagement de l'acide carbonique : la première dans laquelle le grain en germination absorbe plus d'oxygène qu'il ne dégage d'acide carbonique ; la seconde dans laquelle la quantité de l'oxygène absorbé est plus petite que la quantité de l'acide carbonique produit. Ces deux périodes sont comprises toutes deux dans l'espace de temps qui s'écoule entre le commencement de la germination et le moment où la plumule commence à devenir verte : lorsque cette dernière est devenue verte, elle doit décomposer l'acide carbonique de l'air ambiant, et nous ne pouvons plus nous rendre compte de ce qui se passe, puisque la semence et la plumule remplissent deux fonctions différentes complétement opposées l'une à l'autre.

La diminution de l'oxygène au commencement de la germination est simplement la conséquence d'une absorption d'oxygène. Quelle est la partie constituante sur laquelle l'oxygène agit, cela est incertain ; mais on sait que toutes les substances albumineuses à l'état humide absorbent l'oxygène : nous voyons dans le sang cette absorption en pleine activité.

Il paraît raisonnable d'admettre que cette absorption de l'oxygène par les matières albumineuses de la semence humectée vient prendre rang parmi les premiers phénomènes de la germination. La matière albumineuse, qui était jusque-là à l'état de repos chimique, devient ferment : les particules qui la composaient, se dissocient et leur action ultérieure est la conséquence de cette dissociation.

La première période de la germination, celle dans laquelle le volume de l'air diminue, est donc le commencement du développement de l'action chimique ; en ce qui concerne la deuxième période dans laquelle le volume de l'air augmente avec le développement de la semence en germination et dans laquelle il se produit une quantité d'acide carbonique plus forte que la quantité d'oxygène absorbée, elle ne représente plus le commencement de l'action chimique, mais elle représente l'action elle-même.

Du reste, cette action s'exerce de deux manières : la matière albumineuse qui, dans la première période, a absorbé de l'oxygène, ne cesse pas, mais continue au contraire à en absorber dans la seconde période. Bien que la quantité d'oxygène qui

est absorbée par le malt et s'y fixe, soit petite, il est toutefois positif qu'il y a fixation d'oxygène. — Simultanément avec l'absorption d'oxygène, il se produit une diminution de carbone et un dégagement d'acide carbonique. Bien que, dans les analyses de Boussingault (p. 109), la quantité d'oxygène 0,099 qui a disparu par la germination soit presque précisément suffisante pour former de l'oxyde de carbone avec la quantité de carbone 0,068, cependant un dégagement d'oxyde de carbone qui serait transformé en acide carbonique par l'oxygène de l'air, ne paraît pas admissible.

La preuve expérimentale manque jusqu'ici, mais il ne paraît y avoir aucune raison d'admettre que, dans les semences en germination (si du moins on les suppose exemptes de toute matière étrangère qui soit en connexion directe avec le phénomène de la germination), il s'opère autre chose que ce que l'on observe dans tout le règne animal, même chez les espèces les plus inférieures : oxydation d'une substance albumineuse qui passe ainsi à l'état d'activité chimique et devient ainsi apte à transformer, en déterminant leur oxydation, le sucre et les matières grasses en acide carbonique et en eau.

Il nous reste maintenant encore à répondre à la question : Que se passe-t-il en outre dans la semence en germination ? Nous devons spécialiser ici notre examen, ou bien il nous sera impossible de mettre aucun ordre au milieu de la confusion des faits que nous rencontrerons.

Ces observations étant faites, nous pouvons jeter un coup d'œil sur les transformations des parties constituantes tant azotées que non azotées du grain pendant la germination, en les considérant comme servant à prédisposer ces parties constituantes aux modifications qu'elles doivent subir dans la préparation de la bière et que nous examinerons plus loin. Pendant le maltage, il s'opère un commencement de ce qui arrivera plus tard à son développement dans le grain pendant la dessiccation du malt et pendant le brassage, et bien qu'il ne s'effectue, ainsi que nous l'avons fait voir, dans le maltage qu'un simple commencement des modifications si importantes qui doivent déterminer dans le courant des opérations ultérieures de la fabrication de la bière la transformation presque totale de l'amidon du grain en sucre, nous devons étudier ici ces modifications et leurs causes, parce que c'est précisément dans

la préparation du malt que nous trouvons le point de départ de ces modifications.

Dans la préparation de la bière, la transformation de l'amidon contenu dans le grain en sucre et en dextrine est une question essentielle.

C'est un fait généralement connu que l'amidon, lorsqu'on le traite à chaud par l'acide sulfurique étendu ou par un autre acide en y comprenant même l'acide nitrique, se transforme en dextrine et que, en continuant à faire agir l'acide sur la dextrine, cette dernière se transforme en sucre de fruits.

Amidon = $C^{12}H^{10}O^{10}$; dextrine = $C^{12}H^{10}O^{10}$; sucre de fruits = $C^{12}H^{14}O^{14}$. Pour qu'il se produise du sucre, il faut par conséquent qu'il se combine de l'eau; pour qu'il se forme de la dextrine et du sucre, il faut qu'il se produise une transformation chimique des molécules dont nous ne pouvons nous faire aucune idée, puisque nous ne connaissons ni la nature de leurs molécules, ni leur mode de combinaison. Nous ne pouvons que reconnaître le fait que, par l'action d'un acide étendu sur l'amidon, il se produit de la dextrine, sans qu'il y ait incorporation ou séparation d'aucune substance, et que, seulement par une incorporation d'eau, il se forme du sucre.

Je n'ai pas l'intention, en traitant des modifications de l'amidon, d'entrer dans de grands détails sur la question de la constitution des grains d'amidon, qui était si fortement à l'ordre du jour il y a quelques années en France, ni de rechercher ce que l'on a désigné sous les noms d'*amidon*, d'*amidine*, et d'*amidin*. Quelques mots sur ce sujet suffiront entièrement.

Leeuwenhoek (1) a établi une distinction entre la solubilité des particules intérieures et celle des particules extérieures du granule d'amidon, et Dubrunfaut (2) a fait les premières expériences dans le but de démontrer que l'amidon devient soluble dans la germination du grain.

Raspail (3) pensait que les granules présentaient un noyau dont l'épanchement se produisait par la rupture d'une couche externe qui lui servait d'enveloppe. La rupture de la couche externe se produit, suivant lui, entre autres moyens, par

(1) *Epistolæ physiologicæ*, Delphis, 1719, p. 232.

(2) *Mémoire de la Société royale et centrale d'agriculture*, 1823, p. 146, et *Agriculteur manufacturier*, 1830.

(3) *Nouveau Système de chimie organique*, 1838, t. I, p. 440.

l'action des acides dans lesquels la matière qui constitue le noyau central se dissout, tandis que la couche externe qui y est insoluble, se rassemble au fond du vase et que la liqueur qui la surnage devient claire.

D'après Raspail (1), le noyau est constitué par une substance gommeuse et le granule entier n'est qu'une vésicule remplie de matière gommeuse qui, dans le granule, se dessèche simplement au contact de l'air par l'évaporation de ses parties aqueuses.

D'après Payen et Persoz, le granule d'amidon est de nature différente intérieurement et extérieurement ; la matière qui est à l'intérieur, n'est cependant pas une matière gommeuse à l'état de siccité, mais c'est une substance qui ne se dissout pas dans l'eau par l'action d'une température inférieure à 65°. Ils la désignent sous le nom d'*amidone*.

Guérin-Varry qui admettait également comme distinctes les substances qui se trouvaient dans la partie intérieure et celles qui se trouvaient dans la partie extérieure du granule d'amidon, concidérait le contenu de la vésicule comme formé de deux substances, l'*amidine* et l'*amidin soluble*, et comme c'est précisément à la même époque que l'on faisait la découverte d'une matière de nature gommeuse que l'on retirait de l'amidon au moyen d'une infusion de malt et que Biot désignait sous le nom de *dextrine*, la dextrine et l'amidin de Guérin-Varry furent considérés simplement par Raspail comme une seule et même matière et comme constituant précisément la couche intérieure de nature gommeuse du granule d'amidon. Le nom d'*amidine* avait du reste déjà été donné antérieurement par De Saussure à la portion du grain qui est *insoluble* dans l'eau.

Guérin-Varry donnait à la portion insoluble, à l'enveloppe vésiculaire de Raspail, le nom d'*amidin tégumentaire* et désignait sous ce nom une substance de même composition que le contenu de l'enveloppe vésiculaire qu'il désignait sous le nom d'*amidin*, mais qu'il nommait *amidin soluble* pour le différencier de l'autre.

Suivant ce chimiste, 100 parties de granules d'amidon contenaient 97,04 de substances solubles et 2,96 de substances

(1) *Nouveau Système de chimie organique*, t. I, 1838, p. 452.

insolubles, c'est-à-dire 97,04 d'amidin soluble et 2,96 d'amidin tégumentaire. Guérin-Varry, non content de cela, représentait l'analyse élémentaire du grain comme donnant les résultats suivants :

	C.	H.	O.
Amidine.....	39,72	7,13	53,15
Amidin soluble.....	52,74	6,59	40,67
Amidine tégumentaire.....	53,64	6,26	40,67

Mais je pense que ce qu'il nous communique est tout à fait insuffisant (1).

Après des recherches nombreuses et persévérantes, nous sommes enfin arrivés à ce résultat, que nous pensons savoir que les granules d'amidon pourraient bien avoir une enveloppe et que la couche intérieure est solide, insoluble dans l'eau, mais peut devenir soluble par l'action d'un acide étendu en se transformant d'abord en une substance gommeuse, la dextrine, qui peut, par un traitement ultérieur, être elle-même transformée en sucre.

Payen considère les grains d'amidon comme un ensemble de petits sacs accolés les uns aux autres qui présentent tous la même composition chimique et qui ne contiennent aucune matière soluble dans l'eau froide (2). La matière qui constitue ces sacs, peut, par l'action d'un acide, être transformée en dextrine. Cette manière d'envisager les granules d'amidon est à peu près celle qui avait déjà été proposée par Fritzsche en 1834 (3).

C'est une modification du même genre qui a lieu dans la germination des semences amylacées que l'on introduit dans le sol après les avoir humectées avec de l'eau.

Mais la terre arable n'est pas nécessaire pour cela : on peut, en humectant la semence avec de l'eau, en la maintenant à un degré de chaleur convenable et en la laissant librement ex-

(1) Chevreul, *Nouvelles Annales du Muséum d'Hist. naturelle* Paris, 1834, III, p. 241, nous donne une aperçu historique sur l'état de la question dans lequel il cite presque tout ce qui a été publié sur l'amidon jusqu'à cette année. Voir aussi Dumas (*Traité de chimie appliquée aux arts*, t. IV, p. 65), la bibliographie du chap. II, qui traite de l'amidon, des fécules et de la dextrine. Voir également *Erdmann's Journal*, t. II, p. 382.

(2) *Mémoire sur le développement des végétaux*, 1844, p. 83, et *Précis de chimie industrielle*, 4e édition, 1859, t. II, p. 46.

(3) *Poggendorff's Annalen*, t. XXXII, p. 129.

posée au contact de l'air, lui faire subir artificiellement des modifications tout à fait identiques avec celles qu'elle subit dans le sol.

En ce qui concerne la dextrine, je me contenterai de faire le petit nombre d'observations qui suivent. La dextrine est une matière gommeuse, mais une matière gommeuse particulière. Vauquelin (1), dans son analyse du froment, avait déjà observé que la matière gommeuse des grains n'est pas transformée par l'action de l'acide nitrique en acide mucique, mais qu'elle est transformée en acide oxalique et que, par conséquent, elle ne peut pas être rangée parmi les gommes. Depuis que l'on a appris à mieux connaître la dextrine, la constatation de sa présence dans le grain dont on peut la retirer en traitant simplement le grain par l'eau, ne présente plus aucune difficulté : en effet sa dissolution aqueuse dévie à droite la lumière polarisée. Quoi qu'il en soit, nos connaissances chimiques relatives à la dextrine sont fort incomplètes. Rarement, elle est pure : dans la plupart des cas, elle est mélangée avec d'autres substances et ne peut par suite qu'être mal caractérisée.

La propriété d'être transformée par l'acide nitrique en acide oxalique et non en acide mucique lui est commune avec les substances gommeuses que l'on obtient en traitant à chaud l'amidon par un acide ou bien en soumettant l'amidon à l'action d'une infusion de malt : on désigne également ces substances sous le nom de dextrine, et on donne encore le même nom à une quatrième espèce de substance gommeuse que l'on obtient par la simple torréfaction de l'amidon.

Il existe une très-grande confusion en ce qui concerne les caractères que l'on attribue aux substances que l'on désigne sous le nom de dextrine. La manière dont ces matières se comportent à l'égard de l'iode, a donné lieu à des indications tout à fait différentes. Schlossberger (2) désigne sous le nom de dextrine une substance qui est précipitée par le sous-acétate de plomb, tandis que, d'après Gerhardt (3), la dextrine n'est pas précipitée par ce réactif. Une étude plus approfondie des réactions de cette substance est donc nécessaire : dans la

(1) *Journal de pharmacie*, t. VIII, p. 353.
(2) *Organische Chemie*, 1857, p. 117.
(3) *Chimie organique*, t. II, p. 493.

préparation de la bière, la dextrine joue un rôle capital et elle est un principe constituant essentiel de la bière. Dans l'examen de la bière, nous rencontrons trois sortes de dextrines ; une première qui fait partie du grain, une deuxième qui se produit par une forte torréfaction du grain et une troisième qui se produit par la transformation de l'amidon pendant la germination et pendant la macération.

On ne peut reconnaître aucune différence entre la dextrine qui existe toute formée dans les grains et celle qui se produit par la transformation de l'amidon pendant la germination et la macération. Mais en est-il de même de la substance gommeuse que l'on obtient par la torréfaction du grain? On la considère en général comme étant simplement identique avec les autres sortes de dextrine que nous avons indiquées: mais elle en est essentiellement différente.

J'ajouterai seulement quelques mots relatifs à la préparation de cette dernière sorte de dextrine.

A une température de 160° à 180°, l'empois à l'état humide est transformé très-rapidement d'abord en dextrine, puis en sucre. Si l'on chauffe jusqu'à 195° des grains d'amidon que l'on a préalablement desséchés en les maintenant pendant un temps suffisamment long à une température de 100°, ils ne perdent plus que 1,7 pour 1000, et cette perte qui est, comme on le voit, très-faible, n'est pas la conséquence d'une décomposition de l'amidon, mais elle provient d'une trace de matière étrangère qui se trouvait dans cet amidon et y était mélangée (1).

D'après les expériences de Schwartz et de Rey (2), la fécule de pommes de terre seule ne peut pas être transformée en substance gommeuse (léiocome) par la torréfaction, parce qu'elle se carbonise ainsi trop fortement: cette assertion est cependant fausse, ainsi que nous le montrerons plus loin. On a par suite conseillé de faire bouillir préalablement l'amidon de pommes de terre avec de l'eau qui tient en dissolution $^1/_{40}$ d'alun, de malaxer ensuite l'amidon dans cette liqueur, de le dessécher, puis de le torréfier à une température de 140° à 160°. L'alun qui, est un sel présentant une réaction acide, paraît exercer la même action que la petite quantité

(1) *Bulletin de Néerlande*, 1838, p. 40.
(2) *Dingler's Journal*, t. LII, p. 191 et t. LXVII, p. 49.

d'acide nitrique au moyen de laquelle on peut transformer l'amidon de pommes de terre en dextrine.

Cependant lorsqu'on opère en petit, l'addition d'alun n'est pas nécessaire : en chauffant simplement l'amidon de pommes de terre de la manière indiquée, on obtient une substance gommeuse aussi pure qu'on peut l'obtenir, de quelque manière que ce soit, par torréfaction.

Le meilleur mode d'opérer pour obtenir cette substance gommeuse, est de chauffer l'amidon de pommes de terre au bain d'huile jusqu'à 196° à 200°, en ayant soin d'agiter continuellement. C'est seulement lorsque la température atteint ce degré que la substance cesse d'exercer sur l'iode sa réaction si caractéristique, et tant que cette réaction se produit, cela indique que la masse est encore mélangée d'amidon. L'amidon ne perd ici, comme nous l'avons déjà dit, que 1,7 pour 1000. La substance gommeuse que l'on obtient, est de couleur jaune clair, et se dissout complétement et facilement dans l'eau.

Il était surtout essentiel, au point de vue qui nous occupe ici, de rechercher si cette substance gommeuse obtenue par torréfaction pouvait être transformée en sucre par l'action de l'infusion de malt, précisément de la même manière que la dextrine qui a été préparée par l'action de l'infusion de malt sur l'amidon. Nous avons fait cette expérience avec beaucoup de soin et nous avons vu que la transformation de cette substance gommeuse en sucre ne s'opère que lentement et qu'elle n'est jamais complète. Si l'on fait digérer à 70° ou 75° une infusion de malt et une quantité égale d'une infusion de ce malt dans laquelle il y ait en dissolution une certaine quantité de la substance gommeuse obtenue par torréfaction, on trouve encore dans cette dernière après la digestion une certaine quantité de substance gommeuse précipitable par l'alcool. Si l'on détermine au moyen de la dissolution cuivrique les quantités respectives du sucre, on trouve qu'il y a toujours moins de sucre que la quantité de substance gommeuse employée n'aurait dû en donner de plus que l'infusion de malt seule.

Nous pouvons donc conclure de là que, lorsque la substance gommeuse obtenue par torréfaction donne encore naissance à la réaction bleue que produit l'amidon sur l'iode, comme

celle qui se produit en chauffant l'amidon de pommes de terre seul à 160°, il paraît naturel qu'elle soit transformée en sucre par la diastase: mais si la substance gommeuse obtenue par torréfaction ne présente plus la réaction de l'amidon, la diastase ne peut plus la transformer entièrement en sucre. Dans la préparation de la bière, une forte torréfaction du malt détermine donc la production d'une substance gommeuse dont une partie reste dissoute dans la liqueur sans se modifier et paraît se conserver ainsi en partie pendant le brassage et même dans la bière telle qu'elle avait été produite primitivement par la torréfaction; mais il faut pour cela que la température à laquelle la matière gommeuse a été obtenue ait été suffisamment élevée pour qu'elle ait perdu entièrement le caractère de l'amidon en se transformant en une substance qui soit cependant complétement soluble dans l'eau et qui soit d'une couleur jaune clair: on ne peut donc pas la considérer comme ayant été exposée à une température trop élevée.

La substance gommeuse obtenue par torréfaction dont il vient d'être question et qui ne se transforme pas entièrement en sucre par l'action d'une infusion de malt, subit cette transformation en quelques instants par la digestion avec l'acide sulfurique. Je ne me suis cependant pas assuré par l'expérience si cette transformation était complète; mais cela me paraît douteux.

On voit par là quelle influence une forte dessiccation du malt peut avoir sur la qualité de la bière.

Une question se présente ensuite à nous, celle de savoir si la dextrine que l'on obtient en traitant l'amidon par une infusion de malt et celle que l'on obtient en traitant l'amidon par un acide ne sont qu'une même substance et quelles sont les propriétés qu'elle partage avec la substance gommeuse obtenue par torréfaction. La dernière question est évidemment d'une grande importance pour l'étude de la fabrication de la bière! En effet, ainsi que nous le verrons plus tard, lorsqu'il sera question de l'analyse de la bière, on trouve dans la bière deux substances gommeuses: l'une qui est précipitable par le sous-acétate de plomb seul; l'autre qui n'est précipitable que par le sous-acétate de plomb et l'ammoniaque, précisément comme cela se présente dans le vin (1): dans le vin, il ne m'a

(1) *De Wijn*, p. 286. et 287.

du reste pas été possible de distinguer suffisamment ces deux sortes de substances gommeuses (1).

Bien que ce point méritât peut-être un examen plus approfondi, je me bornerai seulement à ce qui suit.

On chauffe de l'empois de fécule de pommes de terre avec de l'acide sulfurique étendu jusqu'à ce que l'iode ne colore plus en bleu une portion du mélange que l'on essaie à plusieurs reprises ; on fait refroidir la liqueur aussi vite que possible; on sursature ensuite l'acide sulfurique par la baryte : on fait passer dans la liqueur de l'acide carbonique pour séparer l'excès de baryte ; on chauffe pour séparer le carbonate de baryte; on filtre : on évapore, on précipite par l'alcool, on recueille le précipité et on le lave avec de l'alcool pour séparer tout le sucre. La dextrine que l'on obtient ainsi, est éminemment pure.

La fécule de pommes de terre a été aussi transformée en dextrine au moyen d'une infusion de malt d'orge que l'on a préalablement rendue claire en la filtrant. Lorsque l'acide ne colorait plus en bleu une partie du mélange, on a fait bouillir la dissolution ; on a évaporé ensuite au bain-marie, on a filtré et on a évaporé la liqueur filtrée jusqu'à consistance de sirop épais. Comme dans la préparation de la dextrine au moyen de l'acide sulfurique, on a séparé le sucre au moyen de l'alcool. La dextrine ainsi obtenue contient des traces des sels et des substances albumineuses du malt.

Les deux espèces de dextrines étaient préparées avec soin et d'une aussi grande pureté que possible. Leurs dissolutions aqueuses, par comparaison avec une dissolution de substance gommeuse obtenue par torréfaction, se comportaient de la manière suivante.

Une dissolution d'iode dans l'iodure de potassium ne colorait pas la dextrine I obtenue au moyen de l'infusion de malt : mais elle faisait prendre une coloration d'un beau rouge foncé à la dextrine II obtenue au moyen de l'acide sulfurique et à la substance gommeuse III obtenue par torréfaction (2).

(1) *De Wijn*, p. 224.

(2) A environ 40°, la coloration rouge-fleur-de-pêcher de la substance gommeuse obtenue par torréfaction disparaît, mais elle reparaît par le refroidissement comme la coloration bleue de l'amidon. Je n'ai pas fait la même expérience pour les autres substances gommeuses. Pour l'amidon, la température de

Le sous-acétate de plomb (bibasique) ne précipite que le I.

Le sous acétate de plomb (tribasique) ne produit, comme le précédent, aucun précipité avec le II, ni avec le III. Le précipité produit par ces deux réactifs avec le I se redissout dans un excès du précipitant.

Le chlorure d'étain ne produit de précipité dans aucun des trois.

L'eau de baryte produit un précipité très-abondant avec le III et un précipité très-peu considérable avec les deux autres.

L'eau de chaux ne précipite aucun des trois (dans le I, il se précipite une partie des phosphates du malt).

Le sulfate de sesqui-oxyde de fer ne produit de modification dans aucun des trois.

Le nitrate de protoxyde de mercure ne produit aucune trace de précipité dans le II ; il précipite au contraire très-abondamment les dissolutions concentrées de I et de III.

L'acide tannique produit dans le I des traces de précipité (provenant de la matière albumineuse du malt) : dans le II et le III, il ne produit rien.

Le silicate de potasse ne donne de précipité dans aucun des trois.

La liqueur cuivrique d'épreuve est réduite par tous les trois : pour le I et II, il est nécessaire de chauffer pendant un temps un peu plus long que pour le sucre : pour le III, il faut chauffer pendant un temps beaucoup plus long.

Le nitrate d'argent ne produit de précipité dans aucun des trois (il faut cependant en excepter le I dans lequel il se précipite une petite quantité de chlorure d'argent à cause de la

72° présente une importance spéciale : en effet c'est la température à laquelle les grains d'amidon se transforment en empois ; et c'est en outre à cette même température que l'iodure d'amidon perd sa coloration et que l'action de la diastase sur l'amidon qui a pour résultat de transformer ce dernier en dextrine et en sucre, présente le plus de force : la température de 72° est donc évidemment celle à laquelle l'amidon perd ses caractères chimiques, momentanément toutefois si un autre agent n'est pas mis en jeu. Pour la dextrine, cette température paraît être celle de 44°.

Lassaigne (*Journal de pharmacie*, t. V, p. 302, 1819) avait déjà observé la coloration de la substance gommeuse obtenue par torréfaction.

Gélis (*Annales de chimie et de physique*, 1858, t. LII, p. 397), dit que cette coloration n'a pas lieu lorsque la substance gommeuse obtenue par torréfaction est exempte de dextrine.

présence d'une petite quantité de chlorure de sodium provenant du malt).

Le chlorure d'or ne produit de précipité ni dans le I, ni dans le II, tandis qu'il détermine, dans une dissolution concentrée du III, un abondant précipité d'une belle couleur rouge-fleur-de-pêcher.

Le borax n'exerce aucune action.

En les faisant chauffer avec un acide, tous les trois se transforment en sucre de fruits.

Si on les fait chauffer avec une dissolution de potasse, le I et le II se colorent d'abord en jaune, puis en brun; pour le III qui est déjà tant soit peu jaunâtre, on ne peut pas faire la même distinction.

Lorsqu'on jette un coup d'œil sur ces réactions, on s'aperçoit que l'on est en présence de trois substances entièrement différentes que l'on a cependant désignées par un même nom : il est plus que temps de faire disparaître de la science la dénomination tout à fait peu convenable de *dextrine* et de faire cesser la confusion qui s'augmente de plus en plus par suite de l'emploi que l'on en fait.

Gélis (1) a trouvé pour la composition de la substance $C^{12}H^{9}O^{9}$ gommeuse obtenue par torréfaction : lorsqu'elle est combinée avec la baryte, il lui attribue la composition suivante : $C^{48}H^{36}O^{36} + 2BaO$; lorsqu'elle est combinée avec l'oxyde de plomb, il lui attribue la composition suivante : $C^{48}H^{36}O^{36} + PbO$.

Dans ce qui va suivre, nous conserverons le nom de dextrine pour la substance gommeuse, provenant de l'amidon, que l'on obtient par l'action de l'agent transformateur contenu dans le malt sur l'amidon. La substance gommeuse obtenue par une forte torréfaction peut prendre le nom de *gomme d'amidon torréfié*, en comprenant surtout sous cette dénomination la portion de cette substance gommeuse qui, dans la macération du malt, ne passe pas à l'état de sucre et se conserve sans se modifier même dans la bière.

Balling (2) distingue la dextrine de la gomme-dextrine. Ce que nous désignons par dextrine, est pour lui de la gomme-dextrine. Sa dextrine se colore en bleu ou en violet par l'ac-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1858, t. LII, p. 396.

(2) *Gährung's Chemie*, 1845, t. II, p. 14 : 2e Auflage, 1854, t. I, fascicule I, p. 254.

tion de l'iode et n'est par suite que de l'amidon plus ou moins décomposé. En outre, elle est précipitée par l'acide tannique, ce qui ne se présente pas pour la dextrine bien préparée. Sa dextrine se produit exactement de la même manière que sa gomme-dextrine : seulement, pour obtenir la dernière, on laisse l'action de la diastase ou des acides durer plus longtemps. Béchamp (1) a donné récemment comme nouveau ce que Balling avait déjà indiqué depuis plusieurs années.

La distinction établie par Balling est exacte : mais je pense qu'il serait bon de changer la dénomination qu'il indique. L'orge germée, soit qu'elle ait été ou non préalablement lavée avec de l'eau froide, ne donne, lorsqu'on la fait bouillir avec de l'eau, ni de l'empois, ni même une liqueur qui présente une certaine consistance, comme des quantités égales de farine d'orge ou de farine de froment en produisent, soit qu'elles aient été lavées ou non avec de l'eau froide (p. 31), lorsqu'on les fait bouillir pendant le même temps avec la même quantité d'eau. L'amidon, dans le grain germé, a donc subi une modification essentielle ; il est resté insoluble dans l'eau froide et il a également conservé la réaction sur l'iode, mais il ne forme plus d'empois lorsque la germination a duré assez longtemps.

On pourrait donner à cette substance le nom d'*amylo-dextrine* pour indiquer la transition de l'amidon à la dextrine, c'est-à-dire à une substance qui n'est plus colorée en bleu par l'action de l'iode. Je conserverai cependant dans ce traité à cette substance le nom d'amidon et je laisserai au mot dextrine la signification qu'on lui attribue généralement. — Entre la cellulose si difficilement attaquable que l'on retire des fruits à noyaux par l'action de la potasse et par une purification ultérieure, et le sucre incristallisable qui devient déjà brun lorsqu'on le fait chauffer à 60° avec des substances albumineuses et que l'on rencontre notamment dans l'orge germée ainsi que dans un très-grand nombre de sucs végétaux, entre ces deux points extrêmes, il existe peut-être une centaine de substances différentes pour lesquelles nous avons seulement les noms de cellulose, d'amidon, d'inuline, de mucilage, de gomme, de

(1) *L'Institut*, n° 1083, p. 338.

dextrine, et les noms des différentes sortes de sucre (1). Une étude comparative de ces substances présenterait une grande importance. C'est sur les différentes espèces de sucres que nous avons les connaissances les plus étendues, tandis que c'est sur les différentes sortes de celluloses que nous en savons le moins. En ce qui concerne la grande différence qui existe entre les nombreuses sortes d'amidons, nous ne sommes que peu éclairés, même après les nombreuses recherches des chimistes français. Il en est de même pour les nombreuses espèces de gommes et de mucilages.

Je dois m'en tenir ici à la désignation qui, d'après l'état actuel de la science, exprime le caractère générale de la substance : il serait impossible d'établir ici en passant une distinction qui ait quelque valeur.

Mais je n'ai pas voulu laisser croire que, aux dénominations d'amidon, de dextrine et de sucre indiqués ici, venait se rattacher seulement la représentation de trois substances parfaitement définies, et ce qui m'a engagé à faire cette observation, ce sont les indications que donne Balling (2) sur la dextrine et la gomme-dextrine.

(1) En ce qui concerne les sucres, nous ferons même remarquer que, non-seulement, à côté du sucre de cannes ou saccharose et du sucre de fruits ou glucose, il viendrait se ranger d'autres corps analogues, mais que l'on devrait peut-être même admettre plusieurs espèces de saccharoses et de glucoses; ainsi Berthelot (*Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 2481), considère la glucose du malt comme étant une glucose spéciale qu'il désigne sous le nom de *maltose*, et il lui assigne les caractères suivants :

« Sous l'influence de la diastase, ferment particulier contenu dans l'orge germée, l'amidon se change en une glucose particulière dont la nature a été établie principalement par les travaux de M. Biot et par ceux de M. Dubrunfaut. Cette transformation s'opère dans l'infusion de malt (orge germée), destinée à préparer la bière; elle précède la transformation alcoolique qui donne naissance à cette boisson.

« La maltose paraît être également, au moins dans certains cas, le premier terme de la métamorphose de l'amidon sous l'influence ménagée des acides et précéder la formation définitive de la glucose ordinaire.

« La maltose est cristallisable, mais seulement à la façon de la glucose ordinaire, avec laquelle elle offre de très-grandes analogies. Elle est un peu moins soluble dans l'alcool, mais elle se distingue surtout par son pouvoir rotatoire, qui est dextrogire et triple de celui de la glucose ordinaire; de plus, il paraît être constant dès les premiers moments de la dissolution. »

« La maltose, soumise à une action prolongée des acides étendus, se change en glucose ordinaire. »

(2) *Gährung's Chemie, l. c.*, p. 36.

Il y a déjà longtemps que Proust (1) avait signalé le caractère particulier de l'amidon, que l'on rencontre dans l'orge et dans le froment qui avaient été transformés en malt. Il dit que, lorsqu'on traite par l'eau bouillante la farine de grains maltés ou non maltés, après en avoir séparé préalablement au moyen de l'eau froide les parties constituantes solubles, on obtient avec la farine provenant de grains non maltés un empois d'une autre consistance qu'avec la farine de grains maltés. Dans le dernier cas, l'empois est transparent tant qu'il est chaud : après le refroidissement, il est blanchâtre. Il ne devient pas épais comme cela arrive ordinairement pour l'empois; mais il reste liquide et ne prend même pas plus de consistance lorsqu'on le concentre, mais se comporte alors plutôt comme un extrait gommeux, transparent.

Ces observations dont on peut facilement reconnaître l'exactitude, démontrent l'existence d'un état intermédiaire entre l'amidon et la dextrine, état intermédiaire auquel le premier passerait par la germination. On peut du reste voir l'amidon subir instantanément cette transformation. Si l'on ajoute à la température ordinaire une infusion de malt, claire, froide, à un empois de fécule de pommes de terre bien épais, l'empois devient liquide en peu de minutes : mais il n'y existe pas encore de dextrine.

C'est un fait bien connu que, pour opérer la transformation des grains d'amidon en un état intermédiaire entre l'amidon et la matière gommeuse, il n'est pas besoin d'aucune autre substance. L'empois est déjà un premier état intermédiaire. Par l'action de l'eau chaude, les grains d'amidon se boursouflent et se transforment en empois. Mais si l'on fait bouillir ce dernier pendant quelque temps, il perd de plus en plus son caractère spécial, ne s'épaissit plus par le refroidissement et se rapproche toujours de plus en plus par ses propriétés de l'amylo-dextrine de Balling. Si l'on continue ensuite à faire bouillir, toute la masse se transforme enfin en dextrine, puis en sucre.

La chaleur seule peut par conséquent opérer la transformation de l'amidon en sucre, et, d'autre part, une température suffisante pour déterminer sa torréfaction peut trans-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1817, t. V, p. 345.

former l'amidon en une espèce de substance gommeuse qui, bien que différant essentiellement de la dextrine en ce qu'elle ne peut se transformer aussi facilement que cette dernière en sucre, est cependant une véritable gomme qui a complétement perdu le caractère de l'amidon.

En outre, l'eau chaude peut, surtout à une température de 72°, transformer les grains d'amidon en empois. Cela présente de l'importance au point de vue de la fabrication de la bière, puisque, dans la macération, c'est précisément cette température à laquelle on opère et que l'amidon se transforme précisément en empois avant de passer à l'état de dextrine et de sucre.

Balling (1) a communiqué des faits relatifs à la transformation de l'amidon en sucre qui paraissent avoir un certain degré d'importance; il dit notamment qu'on n'obtient pas autant de sucre, ni autant de dextrine que le calcul l'indique. Si on emploie la diastase comme agent de transformation, on obtient, suivant Balling, de l'acide lactique, et si on emploie de l'acide sulfurique comme agent de transformation, on obtient de l'acide formique, en sorte que, dans la préparation de la bière, on n'obtient pas une quantité de principes utiles aussi grande que celle que l'on devrait retirer de la quantité d'orge employée. Ces faits présentent d'autant plus d'importance que 100 parties d'amidon (l'amidon étant ramené par le calcul à l'état sec est représenté par $C^{12}H^{10}O^{10} = 2025$ qui représente également la dextrine à l'état sec) donnent 111,11 de sucre de fruits à l'état sec représenté par la formule $C^{12}H^{12}O^{12} = 2250$. De Saussure a trouvé 110,15 et Brunner 107,01 de sucre de fruits par le traitement de 100 parties d'amidon, et cette différence peut, du moins en ce qui concerne le résultat obtenu par De Saussure, être considérée comme comprise dans les limites d'erreur que donne l'expérience.

D'après Balling, les résultats en grand ne sont pas d'accord avec ceux que nous venons de donner. 100 parties d'amidon de pommes de terre bien desséché ne donnent, par leur transformation en dextrine et en sucre, que 100 parties d'extrait composé de $^1/_3$ de dextrine et de $^2/_3$ de sucre de fruits.

D'autre part, 100 parties de fécule de pommes de terre bien

(1) *Gährung's Chemie*, t. II, p. XXXIIII, et 2e Aufl. t. I, fascicule I, p. 278.

desséchée ne donnent, par leur transformation au moyen de l'acide sulfurique, que 91,5 de sucre.

On doit cependant faire observer que Balling a déterminé ses produits à l'état d'extraits et que, si, dans le traitement par l'acide sulfurique, il se produit une certaine quantité d'acide formique volatil, la différence qui se produit dans le traitement par l'infusion de malt, reste toujours inexpliquée, puisque, suivant Balling, il se produit alors de l'acide lactique. L'acide lactique n'est pas volatil; il devrait par suite se produire une augmentation de la quantité d'extrait.

Balling déclare que, dans aucun cas, il n'a retiré de l'amidon, dans la préparation de la bière, une quantité d'extrait plus grande que 100 pour 100 et qu'il n'a jamais obtenu 111 pour 100, quelque grande que puisse être la quantité de dextrine produite : en admettant par exemple qu'il se soit formé des quantités égales de dextrine et de sucre, 100 parties d'amidon bien sec devraient donner 105,5 de dextrine et de sucre de fruits, tous deux supposés secs; mais, suivant Balling, on obtient seulement 100.

Ce point mériterait un examen plus approfondi. L'expérience prouve que, si l'on transforme l'amidon de pommes de terre en dextrine et en sucre au moyen de l'acide sulfurique et si l'on fait bouillir fortement le tout, le produit de la distillation ne contient pas d'acide formique. Si, toutefois, il s'en forme dans une période plus avancée de la réaction, cet acide formique est un produit de la transformation du sucre en acide humique, ainsi que je l'ai montré il y a déjà dix-sept ans (1). En ce qui concerne l'acide lactique, nous savons qu'il s'en produit toujours des traces lorsqu'un agent de transformation agit sur l'amidon; mais la quantité d'acide lactique qui se produit, n'est en aucune manière suffisante pour pouvoir exercer une influence quelconque sur le poids de la matière obtenue.

Dans deux expériences, Oudemans a trouvé que 100 parties d'amidon de pommes de terre, considéré comme tout à fait sec, ont donné, par l'action de l'acide sulfurique, 108,3 et 109 de sucre de fruits : la différence avec le nombre 111,1 peut être considérée comme provenant tant des impuretés con-

(1) *Bulletin de Néerlande*, 1840, p. 24.

tenues dans l'amidon de pommes de terre, qui contient toujours une petite quantité de substance albumineuse, que de l'expérience même.

En ce qui concerne la production même du sucre dans le traitement de l'amidon par l'infusion de malt, et notamment en ce qui a rapport à la question de savoir si une certaine quantité de dextrine est mélangée avec le sucre ou si la liqueur est devenue acide, nous croyons devoir faire observer que la transformation complète de l'amidon en sucre par l'action de l'infusion de malt est impossible (1).

De même qu'il existe des substances qui viennent prendre place entre l'amidon et la dextrine, de même il en existe qui viennent se ranger entre la dextrine et le sucre. On sait que l'on a désigné sous le nom de dextrine-sucre, tantôt un mélange de dextrine et de sucre, tantôt une substance tout autre. Ventzke a exposé les caractères et les propriétés d'une dextrine-sucre qui ne déviait pas la lumière polarisée à gauche comme la glucose, mais qui la déviait à droite et qui, en admettant toutefois qu'elle fût pure, devrait venir se ranger entre la dextrine et le sucre de raisin. Cette dextrine-sucre n'était du reste pas cristallisable (2).

Dans l'organisme animal, nous retrouvons d'autres substances qui viennent plutôt prendre place entre l'amidon et la dextrine qu'entre la dextrine et le sucre : telle est par exemple la matière glycogène de Bernard : mais l'examen de ces substances ne rentre pas dans le sujet dont nous nous occupons ici.

La transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre, dans la semence en germination, a pour point de départ, ainsi

(1) Liebig (*Traité de chimie organique*, édition française, t. I, p. 495), dit : « D'après Fremy, dans la transformation de l'amidon en sucre de raisin au moyen de l'acide sulfurique, il se produit toujours une quantité variable de mannite. » Je n'ai aucune connaissance de ce mode de production de la mannite.

(2) Nous avons donné dans la note de la page 152, d'après Berthelot, les caractères de la substance qu'il désigne sous le nom de maltose. Cette substance est évidemment, comme la dextrine-sucre de Ventzke, une substance intermédiaire entre la dextrine et la glucose ordinaire : elle se rapproche de la dextrine-sucre de Ventzke, en ce qu'elle dévie à droite la lumière polarisée ; mais elle s'en distingue en ce qu'elle est cristallisable. Peut-être la dextrine-sucre de Ventzke n'est-elle que de la maltose impure ? Des expériences ultérieures pourront seules nous édifier sur ce sujet.

qu'on l'admet généralement, la modification d'une substance albumineuse et s'étend ensuite de cette substance à l'amidon. Ce dernier est ainsi transformé en dextrine qui se dissout dans l'eau et cette dextrine, se modifiant ensuite elle-même, passe à l'état de sucre. Par l'action de la substance albumineuse dont il vient d'être question, la transformation s'opère à une température bien moins élevée que par l'action d'un acide étendu. Tandis que, en employant un acide, il faut chauffer à une température voisine de l'ébullition de l'eau ou même à la température de l'ébullition de l'eau, suivant que l'acide est concentré ou étendu, la substance albumineuse détermine, dans la semence en germination, la même transformation à la température ordinaire de l'air à l'époque du printemps : c'est ce que nous apprend du reste la germination des semences à cette époque de l'année.

En outre la substance albumineuse n'opère pas la transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre, de la même manière que l'acide. L'acide ne subit aucune modification : la matière albumineuse ne détermine la transformation qu'en se modifiant elle-même : la transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre, est une conséquence de la transformation, de la décomposition de la matière albumineuse.

A certains égards, nous pouvons rapprocher de ce fait la transformation de la salicine en saligénine et en glucose, celle de l'amygdaline en essence d'amandes amères, acide prussique, acide formique, sucre et eau, qui se produit par l'action des substances albumineuses, ainsi que la transformation du sucre en alcool, et les considérer comme des exemples du même mode de transformation. Nous pourrions citer des centaines d'exemples analogues, sans que cela servît à apporter au fait même plus d'éclaircissements qu'il ne s'en trouve dans l'exposé général que Stahl nous a donné « des molécules en mouvement ».

Cette substance albumineuse qui opère la transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre, ne paraît pas préexister dans la semence ; mais elle paraît avoir dû seulement s'y former : elle se distingue, par ce caractère, de l'émulsine qui décompose instantanément l'amygdaline dès qu'elle se trouve en contact avec de l'eau. L'émulsine préexiste donc tant dans les amandes douces que dans les amandes amères. — Il

paraît en être autrement de la matière albumineuse qui transforme, dans les grains, l'amidon en dextrine, puis en sucre. Si l'on humecte le grain avec de l'eau, la transformation de l'amidon ne s'y opère pas immédiatement : il faut du moins qu'un certain temps se soit écoulé, avant que la transformation ait bien pris son cours régulier.

Mais combien de temps faut-il pour cela ? On se tromperait si l'on pensait que la substance albumineuse dont il est ici question, n'existe dans le grain que lorsque la germination a atteint un certain degré, et je pense qu'il n'est pas besoin non plus de m'arrêter à l'opinion actuellement admise que la diastase, c'est-à-dire la matière qui opère la transformation de l'amidon en sucre, prend naissance dans le grain pendant la germination.

C'est précisément le contraire qui paraît avoir lieu. La germination a lieu parce qu'il se produit dans le grain préalablement humecté une substance qui transforme l'amidon en dextrine, puis en sucre, et qui fait en même temps germer la semence. Si on met de l'orge sous l'eau et si on la laisse se ramollir, il se produit au bout de quelque temps de la dextrine sans que l'on puisse observer encore la plus petite trace de germination. Je ne prétends pas qu'il n'y avait eu là aucun commencement de germination, mais je prétends que si la production de la dextrine ne précède pas la germination, ces deux phénomènes marchent du moins de front. La production de la dextrine précède du reste toujours la production du sucre.

On a pesé deux doses de grains d'orge, chacune de 25 grammes : l'une a été humectée par un séjour de 24 heures sous l'eau ; l'autre a été maintenue sèche. Après 24 heures, on les a moulues en farine très-fine, puis on les a fait digérer pendant une heure avec une même quantité d'eau froide (1) et on a essayé au moyen de la liqueur cuivrique d'épreuve la liqueur filtrée. Pour décomposer la même quantité de liqueur cuivrique d'épreuve, il fallait huit parties de l'infusion aqueuse de grain humecté et neuf parties d'infusion aqueuse de grain non humecté. Il s'était donc produit de la dextrine par le mouillage avant que la germination fût commencée.

On ne peut pas prétendre ici que, les grains étant sous l'eau,

(1) Pour épuiser ainsi le grain par l'eau, on traitait le grain humecté par l'eau même qui avait servi à l'humecter.

l'oxygène n'a pas eu accès. En effet, en mettant le grain sous l'eau et sous le récipient d'une pompe à air, on peut s'assurer que le grain contient une grande quantité d'air. En outre, il y a de l'air dans l'eau.

En ce qui concerne la durée de temps qui doit s'écouler avant qu'il commence à se produire de la diastase, on ne peut pas la déterminer : mais on n'est certainement pas éloigné de la vérité lorsqu'on admet qu'il commence à s'en former à partir du moment où on commence à humecter le grain. Son développement ultérieur paraît marcher de front avec la production de la dextrine et du sucre dans la semence en germination, du moins jusqu'à un certain point : à partir de ce point, il y a diminution.

Il existe donc une différence relative, mais non une différence essentielle entre la production de l'émulsine dans les amandes amères et la production de la diastase dans les semences en germination, comme l'orge par exemple, dans laquelle, à partir du moment où l'on commence à humecter le grain, il se produit de la dextrine, puis du sucre, et qui doit, par conséquent, contenir un agent qui soit susceptible de déterminer la transformation de l'amidon.

Quel est ici le *primum agens?* Ce point est encore obscur. L'hypothèse qui paraît se rapprocher le plus de la vérité, est que l'amidon qui se trouve, à partir de la maturité du grain, de l'orge par exemple, en contact avec une réunion complexe de substances albumineuses, au nombre de cinq dans l'orge ainsi que nous l'avons vu p. 44, exerce une action décomposante sur une ou plusieurs de ces substances albumineuses, dès que l'eau peut avoir accès, que, réciproquement, ces dernières, en présence de l'eau, exercent sur l'amidon une action de transformation, et qu'il se produit ici quelque chose d'analogue à l'action réciproque du sucre et de la levûre : on sait en effet que, en présence de l'eau, le sucre opère la décomposition de la levûre et que la levûre opère la décomposition du sucre. Dans la même hypothèse, on admet en outre que, conformément à ce qui a lieu dans la fermentation alcoolique, les deux substances, l'amidon et la substance albumineuse, sont toutes deux attaquées et toutes deux altérées, et enfin que, de même que dans la fermentation, dans laquelle il y a en même temps destruction de ferment et production de nouveau ferment, il

y a aussi dans le grain en germination, destruction de la soi-disant diastase et production d'une quantité nouvelle de soi-disant diastase.

Suivons donc la manière ordinaire d'exposer le phénomène et admettons, pour ne donner lieu à aucune confusion de langage, que la transformation de l'amidon a pour point de départ l'action d'une substance albumineuse, tout en faisant observer qu'il est très-possible aussi que la modification de la substance albumineuse ait son point de départ dans la modification de l'amidon : il paraît du reste très-probable que la formation ou la décomposition d'une nouvelle substance albumineuse et la transformation de l'amidon sont le résultat d'une action réciproque et qu'il n'y a pas de primum agens. Mais l'idée d'un primum agens est encore trop profondément enracinée dans la chimie actuelle pour qu'on puisse y rien changer. Et cependant, dans la science des actions réciproques, dans la chimie, cette idée est un non-sens absolu.

La substance qui se forme dans le grain et à laquelle on attribue la propriété indiquée, a été désignée sous un nom spécial, et, bien qu'on n'ait pas pu l'obtenir à l'état pur, on lui a reconnu une existence propre : on a en outre admis qu'elle se trouvait surtout dans le grain germé.

Telle est à peu près la manière dont la question se trouve exposée, bien qu'à tort, dans les annales de la science actuelle. En effet, on a trouvé, ainsi que nous croyons devoir le faire remarquer avant tout, dans des substances très-différentes et notamment dans les substances animales, un groupement organique ou même des groupements organiques qui jouissent au plus haut degré de la propriété d'effectuer la transformation de l'amidon et qui possèdent même cette propriété à un degré encore plus élevé que l'agent modificateur de l'amidon qui se trouve dans les grains germés, et surtout dans l'orge germée, et que l'on a désigné sous un nom spécial ; mais de plus, toutes les parties albumineuses paraissent, dans certaines circonstances, jouir de la propriété d'effectuer la transformation de l'amidon. Nous ne devons donc plus considérer l'expression d'agent de transformation de l'amidon dans le sens restreint qui lui avait été attribué d'abord ; mais si nous voulons examiner la chose à un point de vue plus conforme à la vérité, nous devons lui attribuer une signification plus étendue.

Nous commencerons d'abord par procéder en peu de mots à l'examen de l'espèce spéciale d'agent modificateur qui existe dans les grains germés tel qu'on l'admet encore actuellement en général dans la science, pour partir ensuite de là et faire ressortir celles de ses propriétés qui sont susceptibles de généralisation (1).

Diastase. — Cette substance qui, ainsi qu'on l'admet en général actuellement, se produit dans les semences par la germination, a été l'objet de recherches faites par Payen et Persoz. Mais Kirchhoff avait, dès 1812, indiqué ses propriétés d'une manière qui, bien que beaucoup moins exclusive à notre avis (ainsi que nous le montrerons plus loin), est assez précise pour que l'on puisse lui attribuer l'honneur d'avoir découvert qu'il existe dans le grain une petite quantité d'une substance qui jouit de la propriété que nous avons indiquée.

Le nom qui a été donné à cette substance par Payen et Persoz, vient du mot grec διάστασις, séparation, division : en effet Payen et Persoz pensaient que cette substance déterminait la rupture (2) des couches insolubles qui enveloppent le grain d'amidon. Nous avons déjà réfuté cette opinion p. 131; nous n'avons donc pas besoin de revenir ici sur ce sujet.

Cette substance est caractérisée par la faculté de transformer l'amidon en dextrine, puis en sucre, faculté qu'elle possède au plus haut degré. En effet 2000 parties d'amidon peuvent, à une température de 60° à 75°, être transformées en dextrine par l'action de 1 partie de diastase et en sucre par l'action de 2 parties de diastase.

Cette substance existe, suivant Payen et Persoz, dans les grains germés ainsi que dans les rudiments des jeunes radicelles, mais n'existe pas dans la plumule. On l'obtient en écrasant et en comprimant avec un peu d'eau le grain malté, l'orge maltée par exemple. On ajoute ensuite de l'alcool à la liqueur pour précipiter l'albumine et la gomme qui peuvent s'y trouver et on filtre. En ajoutant ensuite une quantité encore plus grande d'alcool, on précipite la diastase. On la dissout dans l'eau; on la précipite de nouveau par l'alcool et on dessèche enfin le précipité à une température de 35° à 45°.

(1) *Poggendorff Ann.*, t. XXXII, p. 74.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LIII, p. 73, 1853.

Il est à peine besoin de faire remarquer que cette substance n'est pas chimiquement pure. En admettant qu'elle contienne un groupement chimique spécial, ce devrait être ici un mélange d'albumine végétale non modifiée (p. 50), de dextrine, de combinaisons salines insolubles dans l'alcool et de l'agent modificateur proprement dit. — Le produit impur, tel qu'on l'obtient par le mode de préparation indiqué, forme, après avoir été desséché, une substance pulvérulente, soluble dans l'eau et dans l'alcool faible, insoluble dans l'alcool, qui n'est pas précipitée de sa dissolution aqueuse par l'acétate basique de plomb.

On peut encore obtenir la diastase de la manière suivante. On mélange la farine de malt d'orge avec une petite quantité d'eau; on filtre et on chauffe à une température de 70°, ce qui détermine la coagulation de l'albumine. Si on filtre la liqueur claire et si on y ajoute ensuite de l'alcool, il se produit un précipité : après l'avoir bien laissé se déposer, on le redissout encore une fois dans l'eau, on le précipite de nouveau par l'alcool, puis on le dessèche à une basse température. La substance ainsi obtenue est également désignée sous le nom de diastase.

Mais elle est également d'une très-grande impureté. Elle doit contenir une quantité considérable de dextrine et de sels organiques insolubles.

Quelque impure qu'elle soit, on ne peut en retirer du malt d'orge que 1 à 2 millièmes.

Si l'on expose au contact de l'air cette diastase à l'état humide, elle perd très-rapidement sa faculté modificatrice. A l'état sec, elle ne la perd que très-lentement : par l'ébullition, elle la perd immédiatement.

Nous voyons donc que rien ne démontre l'existence propre de ce groupement particulier auquel on a donné un nom particulier; mais nous croyons en outre devoir faire observer que la faculté d'effectuer la transformation de l'amidon appartient à vingt autres groupements de molécules aussi bien qu'à la substance extraite de l'orge, qui est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et qui n'est pas précipitable par le sous-acétate de plomb.

On a prétendu que la diastase était d'autant plus pure qu'elle contenait moins d'azote, qu'elle présentait moins de ten-

dance à être souillée par les matières albumineuses qui se trouvent dans l'orge; mais rien ne vient à l'appui de cette supposition.

Il est très-possible que, en la dissolvant à plusieurs reprises dans l'eau et en la précipitant par l'alcool afin de la purifier, on en ait séparé une matière albumineuse étrangère; que l'on ait augmenté ainsi la proportion relative de dextrine, et que, par suite, la substance ait pu devenir moins riche en azote; mais on n'a pas démontré en même temps qu'elle était restée active au même degré. Comme toutes les substances albumineuses jouissent dans certaines circonstances de la même faculté que la diastase, il y a bien là toute espèce de raison de la considérer comme azotée et non comme exempte d'azote.

Payen (1) a fait observer en outre que cette substance, même lorsqu'il y en a une grande quantité, n'agit pas sur l'inuline ni sur la gomme arabique.

Cette substance n'a besoin que de la température ordinaire de l'air pour transformer l'amidon en dextrine, puis en sucre. L'action commence déjà à avoir lieu à 5°, mais elle est beaucoup plus vive à 12°.

La température ne doit cependant pas s'élever au-dessus de 75°: plus la température approche de celle de l'ébullition de l'eau, plus la faculté modificatrice de la diastase diminue d'intensité, et à la température de l'ébullition, elle disparaît complétement (2).

La première action que la diastase exerce sur le grain d'amidon, est la dissolution du grain d'amidon; la deuxième est la production de l'amylo-dextrine; la troisième, la production de la dextrine qui s'opère plus rapidement lorsque l'amidon a été préalablement transformé en empois. La transformation préalable en empois n'est cependant pas nécessaire: c'est ce que démontre la production de la dextrine dans la semence en germination, ainsi que la transformation des grains

(1) *Journal de chimie médicale*, 1833, p. 634.

(2) Lacambre (*Traité complet de la fabrication des bières*, t. I, p. 73) dit qu'il n est pas exact que la diastase perd sa faculté modificatrice au-dessus de 75c : d'après lui, elle la perd seulement à une température de 92° à 94°, bien que, d'après ses observations, son action soit déjà plus faible à une température de 84° à 85°.

d'amidon en dextrine par la simple digestion avec une dissolution de soi-disant diastase à une température inférieure à 60°. — La réaction que l'iode exerce sur l'amidon, a entièrement disparu dans le produit de cette réaction. — Il s'est formé une sorte de substance gommeuse qui est soluble dans l'eau et qui a reçu le nom de dextrine.

En laissant l'action de la diastase continuer à s'opérer, il se produit du sucre de fruits; mais pour qu'il en soit ainsi, une action prolongée est nécessaire, ou bien il faut que l'on ait ajouté dès le commencement une plus grande quantité de diastase. La présence d'une grande quantité d'eau favorise la production du sucre.

Pour opérer la transformation de l'amidon en dextrine ou en sucre, il n'y a pas besoin que la soi-disant diastase soit aussi pure que possible : une infusion aqueuse de malt d'orge est tout à fait suffisante pour y arriver. D'après Payen, il existe $\frac{1}{500}$ de cette diastase dans le malt ; mais comme on ne connaît jusqu'ici aucun moyen d'obtenir cette diastase à l'état pur et sans en perdre, il vaut mieux reconnaître que nous n'en savons rien.

L'action de la diastase comme agent modificateur de l'amidon est paralysée par les alcalis, par l'acide tannique, par les sels métalliques. — Les acides organiques étendus exercent en général aussi une influence contraire à l'action de la diastase. —Tel est l'état de nos connaissances sur les propriétés de la soi-disant diastase.

Il nous reste maintenant à répondre à la question de savoir aux dépens de quelles substances cet agent modificateur de l'amidon se produit dans le grain en germination.

Pour répondre à cette question, nous devons d'abord communiquer quelques expériences comparatives faites sur l'orge germée ; elles ont rapport aux quantités respectives des différentes substances albumineuses qui existent dans l'orge et dans le malt d'orge faiblement desséché : en ce qui concerne l'orge, nous avons déjà communiqué p. 54 quelques résultats relatifs à la question qui nous occupe en ce moment. Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, le malt d'orge qui était très-faiblement desséché et qui se trouvait dans un état convenable pour la préparation de la bière blanche, a été traité par l'eau et par l'alcool.

Une expérience fort simple peut déjà suffire pour montrer

qu'il existe une différence considérable entre l'orge et le malt d'orge en ce qui concerne les quantités respectives des diverses substances albumineuses. Si on traite par l'eau froide de l'orge moulue et du malt moulu préparé avec la même orge, si on filtre ensuite et si on chauffe la liqueur claire jusqu'à l'ébullition, la liqueur obtenue au moyen de l'orge ne laisse coaguler qu'une petite quantité de substance albumineuse; mais, si l'on continue l'évaporation, il s'en coagule une plus grande quantité : le malt d'orge fournit au contraire une quantité relativement considérable de coagulum. Si l'on effectue la même expérience sur une quantité égale de froment dans des conditions de temps identiques, il ne se sépare de la liqueur obtenue du froment qu'une petite quantité de flocons de substance albumineuse coagulée. — Dans le malt d'orge, il existe donc une quantité de substance albumineuse sous forme soluble beaucoup plus grande que dans le froment, et il existe dans le malt d'orge une certaine quantité de substance albumineuse sous forme soluble que l'on ne trouve pas dans l'orge.

Par la germination, une substance albumineuse, soluble dans l'eau, coagulable par l'action de la chaleur, s'est donc formée aux dépens d'une autre substance du même groupe.

100 parties de malt d'orge, traitées de la manière que nous venons d'indiquer, ont fourni à Vlaanderen et à Oudemans 0,452 de substances albumineuses coagulables.

Si l'on évapore la liqueur filtrée et séparée ainsi des substances albumineuses coagulées et si l'on détermine dans le résidu la proportion d'azote, on obtient, pour 100 de malt, 2,08 de substances albumineuses, en admettant dans ces substances une quantité d'azote s'élevant à 15,5N.

100 parties du même malt, traitées par l'alcool (p. 52), ont donné 0,340 de glutine.

Si nous comparons ces résultats avec les résultats obtenus pour l'orge qui ont été indiqués p. 55, nous obtenons, pour 100 parties, tant d'orge que de malt, les résultats suivants :

	Orge.	Malt d'orge.
Glutine	0,28	0,34
Substance albumineuse coagulable	0,28	0,45
Substance albumineuse soluble non coagulable.	1,55	2,08
Substance albumineuse insoluble	7,59	6,23
	9,7	9,1

Ce résultat est assez important pour que je croie devoir m'y arrêter plus longnement. Par le maltage, la quantité de glutine n'a pas diminué ainsi que l'on croyait jusqu'ici que cela avait lieu, mais elle a plutôt augmenté. Le mot glutine n'est plus employé ici dans le sens que l'on attribuait à l'expression gluten dans le gluten de Beccaria : mais il désigne ici la substance soluble dans l'alcool, insoluble dans l'eau, dont on a séparé la matière grasse au moyen de l'éther et qui constitue la matière glutineuse proprement dite du grain.

Entre autres résultats que nous fournit l'examen comparatif des quantités respectives des différentes matières albumineuses contenues dans l'orge et dans le malt d'orge, nous trouvons que la quantité des substances albumineuses coagulables a augmenté beaucoup par la germination et qu'elle s'est élevée presque de 3 à 4,5. Il ne peut pas être douteux que la substance qui jouit de la propriété d'opérer la transformation de l'amidon et que l'on a nommée diastase, ne se trouve pas dans les substances albumineuses indiquées en dernier lieu (substances coagulables), puisqu'elle n'est pas coagulable. — Elle doit donc se trouver dans les substances albumineuses solubles non coagulables : or nous voyons que la quantité de ces substances a également augmenté par la germination et que cette augmentation s'est élevée de près de 1/3 (1).

La quantité de la substance albumineuse insoluble a diminué dans la même proportion que la quantité des trois substances albumineuses indiquées a augmenté.

Il n'est pas nécessaire d'observer que la différence que présente la somme de toutes les substances albumineuses, 9,7 et 9,1, ne doit être attribuée, ni à la transformation en malt,

(1) En ce qui concerne la nature de la substance albumineuse qui se produit, par la germination, dans les semences qui contiennent de la légumine, j'ai eu occasion de citer quelques particularités en parlant du café bleu et du café jaune (*Scheickundige Verhandelingen en onderzoekingen*, 1re partie, 2e fascicule *onderzoekingen*, p. 81). J'ai signalé en cet endroit le fait que, pendant la première période de transformation du grain par la germination, avant cependant que le grain ait commencé à germer, la quantité d'une matière albumineuse soluble contenue dans les grains de café augmente beaucoup et que cette substance albumineuse jouit de la propriété d'être précipitée par l'acide acétique, propriété qui rappelle une des propriétés de la légumine, mais qui ne prouve pas que la substance albumineuse indiquée soit de la légumine (p. 44).

ni à la germination. En effet l'orge et le malt avaient été prélevés tous deux dans une brasserie sur les approvisionnements qui s'y trouvaient : la différence n'était donc en aucune manière le résultat de la germination.

Je ne me risquerai en aucune manière à essayer d'expliquer comment une substance albumineuse peut se transformer en une autre par la germination : mais je ne puis me dispenser d'observer qu'il est certain que la substance albumineuse insoluble, c'est-à-dire celle à laquelle on attribuait le moins de valeur, est précisément celle d'où proviennent (1) toutes les autres; en effet la quantité de cette substance albumineuse diminue par la germination, tandis que la quantité de toutes les autres augmente. Cette substance peut être considérée comme une véritable source (2) de substances albumineuses solubles actives, et, bien que, étant une substance insoluble, elle soit par elle-même sans action, elle donne naissance à des substances albumineuses actives dans les circonstances mêmes dans lesquelles ces substances actives sont appelées à exercer leur action. La transformation des substances albumineuses insolubles en substances albumineuses solubles, la mise en activité des substances solubles et la transformation de l'amidon sont donc trois actions qui marchent de front dans la germination.

Mais quelle est la nature de la substance albumineuse soluble qui s'est produite d'abord aux dépens des substances albumineuses insolubles; quelle est la nature de celle qui l'a suivie, et enfin quelle est la nature de celle que l'on doit considérer comme le résultat final de ce qui se passe, je laisse à d'autres le soin de l'examiner. C'était pour nous une tâche déjà bien suffisante d'arriver à savoir si la quantité des substances albumineuses solubles augmentait, et, dans le cas où le résultat serait affirmatif, de déterminer la quotité de cette augmentation, et de chercher surtout quelles étaient, de toutes les formes de matières albumineuses, celles qui étaient surtout susceptibles d'augmenter ainsi.

L'infusion obtenue en traitant le malt par l'eau froide donne un précipité lorsqu'on la fait bouillir : en traitant cette

(1) Littéralement : la substance mère (*de moederstoffe*).
(2) Littéralement : un grenier d'approvisionnement (*voorraadschuur.*)

infusion par l'acide acétique, il se produit un précipité qui est beaucoup plus faible. Nous avons vu p. 47 que, pour l'orge, les deux précipités sont également abondants. C'est donc une première différence qui existe entre le malt d'orge et l'orge.

Dans l'infusion, obtenue en traitant le malt par l'eau froide, dont on a préalablement séparé la substance albumineuse coagulable en la faisant bouillir, nous ne rencontrons plus la même manière de se comporter à l'égard des réactifs que dans l'infusion aqueuse d'orge préparée au moyen de l'eau froide qui nous a permis d'y constater la présence d'une certaine quantité de substance albumineuse (p. 49). Cette liqueur présente une réaction acide. Si on sature avec précaution l'acide par un alcali et si on chauffe ensuite le tout, on voit se produire un précipité très-peu considérable d'albumine coagulée. L'acide nitrique ne produit dans la dissolution aucun précipité, pas plus que le prussiate jaune de potasse, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique ou l'acide acétique ; mais le sublimé corrosif détermine la production d'un précipité abondant.

Il a donc disparu de l'orge une substance albumineuse qui est précipitée par le prussiate jaune de potasse, par l'acide sulfurique et par l'acide nitrique et qui est soluble dans l'eau froide et non coagulable (voir Orge. p. 50) (1).

Mais cette substance albumineuse a été remplacée par une autre, de telle sorte que, par comparaison avec la quantité contenue dans l'orge, la quantité de substance albumineuse soluble non coagulable s'est élevée de 1,55 à 2,08, par conséquent de 3 à 4.

Il ne peut pas être douteux que c'est parmi ces dernières que se trouve la soi-disant diastase.

Je n'ai nullement l'intention de m'occuper ici de la sépa-

(1) Je ne dois pas omettre d'indiquer ici que l'infusion de noix de galle produit un précipité dans la liqueur, obtenue au moyen du malt, dont on a préalablement séparé les substances albumineuses coagulables en la faisant bouillir. D'après cela, l'acide tannique du houblon devrait précipiter les substances albumineuses solubles du malt ; mais la réaction n'a pas lieu lorsqu'on ajoute une quantité suffisante d'acide lactique. Cette liqueur dans laquelle il se trouve en même temps de l'acide tannique et de l'acide lactique, peut être légèrement trouble, ce qui vient de la précipitation d'un tannate ; mais, par l'action de la chaleur, la liqueur redevient claire. Cette réaction particulière nous permettra plus tard d'expliquer comment il peut rester des substances albumineuses solubles dans la liqueur que l'on a fait bouillir avec du houblon.

ration des différentes substances albumineuses contenues dans le malt et de la détermination de leur composition. Je ne connais aucun moyen qui nous permette de les séparer à l'état pur ou sans qu'elles aient subi aucune modification.

J'ajouterai encore ici une observation : par la germination, il se produit une trace d'ammoniaque qui ne s'échappe pas au dehors de la semence, mais qui reste combinée avec la matière albumineuse. Cette ammoniaque peut contribuer à la diminution de la quantité des substances albumineuses insolubles et à l'accroissement des substances albumineuses solubles. Mais comme il ne se produit qu'une trace d'ammoniaque, on ne peut en aucune manière lui attribuer la transformation totale des substances albumineuses insolubles en substances albumineuses solubles.

Si nous arrêtons notre attention sur le résultat des expériences indiquées en dernier lieu, en ce qui concerne la transformation que les substances albumineuses de l'orge ont subie par la germination, nous devons, avant d'aller plus loin, abandonner l'hypothèse qui a été admise jusqu'ici et répondre aux deux questions suivantes : préexiste-t-il dans le grain une substance qui jouisse de la propriété de transformer l'amidon en dextrine, puis en sucre ? et, dans le cas de l'affirmative, quelle est-elle ? Ou plutôt cette substance doit-elle prendre naissance dans le grain ?

Ces questions peuvent être résolues, mais non dans un sens absolu : si, en effet, il existe dans les grains et par conséquent dans l'orge une substance qui puisse opérer la transformation de l'amidon, il reste encore à répondre à la question de savoir si la transformation est opérée immédiatement par cette substance sous l'état sous lequel elle est, ou si, plutôt, elle doit passer d'abord à l'état actif au point de vue chimique.

On peut faire une réponse à cette question. Mais s'il existe dans l'orge une substance qui, telle qu'elle est, n'a pas besoin de passer d'abord à l'état actif au point de vue chimique, cette substance devrait être susceptible d'opérer la transformation de l'amidon, en quantité aussi faible et aussi rapidement que peut l'opérer une substance dans l'orge germée.

C'est cependant ce qui n'est pas. Nous pouvons donc en tirer la conséquence que, ou bien il existe dans l'orge une substance qui a besoin de passer à l'état actif au point de vue

chimique pour être douée de la faculté d'effectuer la transformation de l'amidon, ou bien, il se forme une nouvelle substance qui est douée de cette faculté.

Il était important d'examiner de plus près à ce point de vue les substances albumineuses qui existent dans le grain et de répondre à la question de savoir si, parmi ces substances albumineuses, il y en a qui peuvent opérer la transformation de l'amidon, bien qu'à un degré plus faible que la substance contenue dans l'orge germée.

Se trouve-t-il dans le grain une matière qui jouisse de cette propriété ? Nous sommes arrêtés ici par une question insoluble. En effet nous ne pouvons entreprendre aucune expérience concernant une substance à l'état isolé, tant que nous ne pouvons pas l'isoler ; or les substances albumineuses n'ont pas pu être isoléessans être modifiées.

En ce qui concerne la question de savoir ce qu'il en est, nous devons indiquer ici les expériences de Th. de Saussure, dans lesquelles nous trouverons, si je ne me trompe, un point de départ qui nous permettra d'émettre sur la soi-disant diastase une opinion plus exacte que celle qui est généralement admise.

Je dois préalablement faire observer que, avant De Saussure, Kirchhoff avait recherché les causes de la production du sucre dans la préparation de la bière et qu'il avait trouvé que le gluten de Beccaria possède la propriété de transformer l'amidon en sucre. Les résultats de Kirchhoff (1) étaient en quelque sorte les précurseurs de ceux de De Saussure. Kirchhoff fait une observation qui a de l'importance lorsqu'on veut arriver à la connaissance plus exacte de l'agent qui détermine la transformation, c'est que *le gluten brut, en exerçant son action transformatrice, ne paraît pas perdre de poids* ; d'où il résulte qu'il y en a seulement une très-petite quantité qui agit. En ce qui concerne le fait que c'est une partie du gluten brut qui, en se modifiant, a déterminé la transformation de l'amidon, Kirchhoff l'a prouvé en faisant observer que le gluten qui a opéré la transformation de l'amidon et qui a cependant à peine diminué de quantité, n'est plus en état d'opérer de nouveau la transformation de l'amidon. Vingt et un ans après,

(1) *Schweigger's Journal*, 1812, t. XIV, p. 389.

De Saussure fit connaître les résultats de ses recherches. Elles furent envoyées le 3 mai 1833 à Dumas qui communiquait à l'Académie, le 17 juin de la même année, les expériences de Payen et de Persoz sur la soi-disant diastase, *sans parler des expériences de De Saussure*. Je crois m'expliquer clairement. En 1812, Kirchhoff a montré qu'il existe dans le gluten brut une substance en quantité presque impondérable qui peut opérer la transformation de l'amidon en sucre : 21 ans plus tard, De Saussure démontrait le même fait : et cependant le jour où des résultats identiques qui ne différaient que par le nom de diastase appliqué à l'agent de transformation, furent portés devant l'Académie des sciences de France, il ne fut pas question des recherches antérieures qui avaient cependant élucidé complétement le fait, mais auxquelles le nouveau nom de l'agent transformateur manquait seul : ce nouveau nom du reste qui veut dire agent destiné à déterminer la déchirure ou la rupture, est impropre, puisque le grain d'amidon n'est pas un petit sac rempli de contenu plastique.

Faisons maintenant connaître les expériences de De Saussure qui avaient précédé celles de Payen et de Persoz.

De Saussure a fait agir sur l'amidon : 1° de l'albumine végétale de froment; 2° du gluten brut de froment, c'est-à-dire ce que l'on a nommé gluten de Beccaria ; 3° de la glutine, c'est-à-dire le corps qui se sépare de l'alcool avec lequel on a fait bouillir le gluten de Beccaria, lorsque, après avoir mélangé cet alcool avec de l'eau, on soumet le tout à la distillation; et, enfin, 4° de la mucine. Il prenait 2 parties d'amidon pour 1 partie de l'une des quatre substances indiquées : il mélangeait le tout avec de l'eau: il maintenait ensuite les substances quelque temps en contact à une température de 50° à 85° et il déterminait la quantité de dextrine et de sucre qui s'était formée aux dépens de l'amidon pendant un espace de temps de 10 heures (1).

Comme la mucine paraissait surtout exercer une action très-prononcée, il ne doit pas paraître superflu d'appeler de nouveau l'attention sur ses propriétés et son mode de production : nous les avons indiqués p. 58. En cet endroit, nous

(1) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LIII, p. 260, et *Poggendorff's Annalen*, t. XXXII, p. 194.

sommes arrivés à cette conclusion que la mucine de De Saussure n'est pas une partie constituante des grains, mais que c'est une substance soluble dans l'alcool bouillant et dans l'eau froide qui se produit par la décomposition d'une substance albumineuse.

	Glutine brute	Mucine.	Glutine.	Substance albumineuse insoluble.
Quantité de dextrine formée.	16,5	15	6	2
Quantité de sucre formée....	14,5	22	1,75	$\frac{1}{400}$

Ces expériences sont importantes pour arriver à savoir de quelle substance la matière nommée diastase peut être formée ; mais elles ont surtout une grande valeur parce qu'elles nous apprennent que toutes les substances albumineuses des grains possèdent la faculté d'effectuer la transformation de l'amidon, bien que quelques-unes ne possèdent cette propriété qu'à un degré très-peu élevé.

Il m'a paru nécessaire de répéter au moins une de ses expériences. Dans ce but, trois quantités égales d'eau ont été chauffées jusqu'à une température de 65° à 75° : à la quantité *a*, on avait ajouté de l'empois préparé avec de la fécule de pommes de terre ; en *b*, on avait ajouté du gluten brut de froment ; en *c*, du gluten brut et de l'empois. Au bout de quelques heures, on a essayé avec la liqueur cuivrique, les trois liqueurs qui avaient été placées dans les mêmes circonstances : *a* et *b* n'ont donné aucune trace de réduction ; en *c*, il s'est produit une abondante réduction. Le gluten brut agit donc comme la soi-disant diastase.

La quantité de gluten brut employée ne paraissait pas avoir été sensiblement modifiée. La partie active du gluten serait donc, ainsi que Kirchhoff l'avait déjà fait observer dès l'année 1812, une quantité excessivement petite d'une substance qui se trouve mélangée avec les autres substances contenues dans le gluten.

Revenons maintenant aux expériences de De Saussure.

La substance qui est encore le moins passée à l'état de décomposition (et la substance albumineuse insoluble est certainement dans ce cas), est aussi celle qui présente le moins de tendance à opérer la transformation de l'amidon. Mais il existe, à côté de cette substance, une autre substance albumineuse

dont la décomposition est beaucoup plus avancée et qui, de plus, est soluble dans l'eau froide : cette substance possède au plus haut degré la faculté d'effectuer la transformation de l'amidon : c'est la mucine. Elle n'est pas encore aussi active que la soi-disant diastase : elle est seulement en voie de se décomposer complétement la différence qui existe entre elle et la soi-disant diastase, est donc seulement relative, mais n'est pas essentielle.

Est-ce positivement la glutine, cette substance albumineuse soluble dans l'alcool, qui forme de préférence la mucine, c'est-à-dire la diastase encore impure ? La réponse paraît être négative : en effet nous avons vu p. 155 que, dans la germination, la glutine ne diminue pas, mais que, au contraire, elle augmente. Il est donc très-probable qu'elle n'est pas la substance génératrice (*moederstof*, substance-mère) de l'agent transformateur de l'amidon. La substance albumineuse soluble, mais coagulable, peut-elle être celle qui donne naissance à cet agent transformateur? Mais la quantité de cette substance augmente également par la germination (p. 155). Cette substance génératrice peut-elle être la substance albumineuse insoluble, qui est insoluble dans l'alcool bouillant et dans l'eau et dont la quantité diminue beaucoup par la germination (p. 155)?

La réponse est encore négative ; en effet, cette substance est celle d'où proviennent toutes les autres et dont la quantité diminue sensiblement par la germination.

Partant de cette vérité généralement reconnue qu'une substance albumineuse est d'autant plus active qu'elle est plus soluble, nous paraîtrions devoir rechercher la substance génératrice de l'agent transformateur de l'amidon dans les substances albumineuses solubles, non coagulables par l'action de la chaleur, qui existent déjà dans le grain et dont nous avons évalué dans l'orge (p. 49) la quantité à 1,55. Mais leur quantité augmente également par la germination et s'élève à 2,08. La soi-disant diastase est soluble dans l'eau froide et ne se coagule pas par l'action de la chaleur : elle doit donc se trouver parmi les 2,08 pour 100 : mais si De Saussure a trouvé que l'agent transformateur de l'amidon prenait également naissance lorsqu'on traitait par l'alcool le gluten insoluble dans l'eau et lorsqu'on évaporait ensuite au contact de l'air, en sorte que le gluten insoluble peut finalement donner naissance

à une substance soluble dans l'eau (sa mucine), cela prouve seulement que l'ensemble des substances albumineuses du grain en se décomposant au contact de l'air, peut donner naissance à un agent transformateur de cette espèce, mais non que c'est la glutine de préférence qui lui donne naissance.

En ce qui concerne la composition chimique de la diastase, elle ne peut avoir pour nous aucune importance : en effet, c'est une substance qui se modifie continuellement, et qui, par suite, ne doit pas présenter une composition fixe, pas plus que le contenu des cellules du ferment. La substance génératrice de la soi-disant diastase est connue; mais, par l'action de la chaleur et de l'humidité, elle absorbe de l'oxygène, se transforme en diastase et n'a plus d'existence propre : elle commence alors à subir une série de modifications continues. La substance albumineuse originaire est décomposée et la décomposition continue toujours sans s'arrêter : la décomposition s'étend à l'amidon qui se trouve dans la sphère d'activité de cette substance et la transforme en dextrine, puis en sucre. En même temps que cette réaction se produit, l'agent qui l'a déterminée, se modifie de plus en plus et se transforme en nouveaux produits de décomposition.

On ne doit avoir que peu d'espoir de connaître jamais d'une manière positive les produits qui prennent naissance, pendant que la substance albumineuse soluble dans l'eau fonctionne de manière à produire une oxydation (et un dégagement d'acide carbonique?) et à opérer en même temps la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre : il se produit ici un phénomène du même ordre que l'absorption de l'oxygène et le dégagement d'acide carbonique qui se produisent par la transformation des substances albumineuses dans la respiration des animaux. Mais la connaissance des produits de décomposition antérieurs à la soi-disant diastase, de même que celle des produits ultérieurs de décomposition de cet agent transformateur de l'amidon n'est pas absolument nécessaire pour obtenir un exposé général parfaitement clair de ce qui a lieu dans la germination des semences et par suite dans la fabrication du malt. La réaction qui a lieu, est parfaitement identique avec celle qui a lieu par l'action du ferment, avec cette différence que, dans l'action de l'agent transformateur de l'amidon, il n'y a aucune séparation de molécules, mais il y a seulement une

transformation moléculaire qui est la conséquence du passage d'une substance à l'état de décomposition.

Nous devons nous arrêter ici sur un point qui a rapport à la préparation du malt. Dans la germination de l'orge, par exemple, il y a absorption d'oxygène et dégagement d'acide carbonique : une substance albumineuse est transformée en agent modificateur de l'amidon, mais en même temps l'amidon de la semence est transformé en dextrine, puis en sucre. Lorsque l'orge a atteint un degré suffisant de germination, on le dessèche et l'action cesse. Si l'on moud alors le malt, si on le fait ensuite infuser dans l'eau chaude et si on abandonne l'infusion pendant quelque temps à elle-même, le reste de l'amidon est transformé en dextrine, puis en sucre. Il n'est pas nécessaire que, pendant la germination, toutes les substances albumineuses solubles se transforment en agent de transformation de l'amidon : il faut seulement qu'une partie de ces substances subissent cette transformation. Plus tard, lorsqu'on traite le malt moulu par l'eau chaude au contact de l'air, le reste des substances albumineuses solubles peut se transformer ainsi en agent modificateur qui, immédiatement après qu'il a pris naissance, peut réagir sur l'amidon ou sur la dextrine et déterminer leur transformation en sucre. — Il pourrait aussi se faire que, par la germination, une quantité plus ou moins considérable des substances albumineuses solubles entre dans la voie de la transformation en agent modificateur pour ne subir définitivement cette transformation que plus tard, lorsqu'on traite par l'eau chaude le malt préalablement moulu.

Cela ressort immédiatement des expériences de De Saussure que nous avons indiquées p. 161, dans lesquelles, en un espace de temps de 10 heures, il a, tant au moyen du gluten brut qu'au moyen de la mucine, transformé une quantité considérable d'amidon en dextrine, puis en sucre. — La germination préalable des semences n'est donc pas nécessaire pour la production de l'agent modificateur : si l'on mélange de la farine d'orge avec de l'eau chaude et si on maintient le tout pendant quelques heures à une température de 50°, l'agent de transformation de l'amidon peut prendre naissance, ainsi que l'expérience le démontre d'une manière convaincante. Si l'on maintient ainsi pendant quelques heures à une température

de 50° une bouillie liquide de farine d'orge, une quantité considérable de l'amidon de cette farine est transformée en dextrine, puis en sucre. Mais, dans la préparation de la bière, cette manière de procéder présenterait de l'inconvénient : en effet, il faudrait plusieurs heures pour transformer ainsi en dextrine et en sucre au moyen de la farine d'orge et de l'eau une quantité d'amidon dont la transformation s'effectue en quelques minutes lorsqu'on emploie le malt.

Dans tous les cas, il résulte de cette expérience que c'est une question de temps et qu'il n'est pas nécessaire de transformer préalablement, par la germination, les matières albumineuses solubles, en agent modificateur de l'amidon ; mais que la transformation peut avoir lieu lorsque, après avoir mélangé avec de l'eau chaude la farine préalablement moulue, on expose le tout au contact de l'air (p. 4).

Certes, c'est un fait bien connu que, dans la préparation de la pâte destinée à la fabrication du pain et des pâtisseries, dans lesquels la quantité de l'amidon diminue immédiatement dès que l'on expose à une température déterminée la farine préalablement transformée en pâte au moyen de l'eau chaude, il se produit immédiatement de la dextrine et du sucre. Plus la pâte a été maintenue longtemps à une température élevée, plus la quantité de dextrine et de sucre produite, et surtout la quantité de dextrine, est considérable. Ici la production de l'agent modificateur de l'amidon est simultanée avec la production du ferment ; en effet la pâte commence à se lever par suite de la production d'une certaine quantité d'acide carbonique : la production de l'un ne met pas obstacle à celle de l'autre. — Pour la production de l'un et de l'autre, et surtout pour celle du dernier, l'oxygène est nécessaire ; c'est par ce motif que la pâte est travaillée avec soin, pétrie, étendue, afin que l'oxygène puisse avoir partout accès : plus on y a mis de soin, moins le pain présente le caractère d'une pâte préparée uniquement avec de la farine, et plus il est savoureux et riche en dextrine et en sucre.

La présence de l'oxygène est nécessaire pour déterminer d'une manière puissante le développement de l'agent transformateur de l'amidon dans la semence en germination : la présence de l'oxygène est nécessaire pour déterminer sa production dans la pâte ordinaire faite avec de la farine, et ce qui a

lieu dans la germination des plantes peut donc, en ce qui concerne la production d'une substance albumineuse active, être mis en lumière par les phénomènes qui se produisent dans la pâte lorsqu'on veut en fabriquer du pain. Celui qui veut étudier les phénomènes de la germination au point de vue seulement de la production de l'agent modificateur, fera donc bien de prendre de la farine de grain et d'en faire de la pâte. Dans ce cas, les phénomènes se produisent d'autant plus rapidement que l'on peut augmenter les points de contact des substances qui réagissent l'une sur l'autre, tandis que, dans la semence en germination, tout ce qui se passe est le résultat d'une osmose lente.

Péligot (1) a prétendu que, dans une pâte préparée avec 125 grammes de farine de froment, 75 grammes d'eau et 10 grammes de levûre de bière, il n'a pu trouver aucune trace de sucre, bien que la pâte fût en pleine fermentation. Le fait paraît d'autant plus étrange qu'il est en contradiction avec l'expérience usuelle. Par l'expérience fort simple qui va suivre, on peut s'assurer que, dans cette expérience dans laquelle Péligot n'a pas trouvé de sucre, il s'en produit cependant une quantité considérable. On mélange de la farine de froment avec de l'eau et de la levûre bien sèche, et on laisse reposer le tout pendant deux heures dans un endroit chaud. Lorsque la masse est en pleine fermentation, on la traite par l'alcool, puis on filtre.

D'autre part, on prend une autre quantité de la même farine et une autre quantité du même ferment, qui soient entre elles dans les proportions indiquées : on les mélange bien avec des quantités relativement équivalentes d'eau et d'alcool, puis on filtre pour obtenir une liqueur claire.

Si l'on chauffe les deux dissolutions avec la liqueur cuivrique, il se produit immédiatement dans la première un abondant précipité de protoxyde de cuivre, tandis que, dans la dernière, il ne s'en produit qu'une trace à peine sensible, provenant de la présence d'une petite quantité de dextrine qui s'était dissoute dans l'alcool.

Il ne peut donc exister aucun doute qu'il ne se produise du sucre dans la fermentation de la farine au moyen du ferment.

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXIX, p. 1.

De la première liqueur, on a retiré le sucre, avec les caractères qui le caractérisent comme substance, de la manière suivante. On a évaporé jusqu'à siccité la dissolution alcoolique préalablement filtrée ; on a épuisé le résidu par l'alcool concentré : on a filtré pour retenir sur le filtre la dextrine qui s'était formée en même temps, puis on a évaporé la liqueur : on a traité par l'eau le résidu, on a filtré la liqueur sur du charbon animal, puis on l'a évaporée. Il est resté, comme résidu de l'évaporation, du sucre de fruits avec toutes les propriétés qui le caractérisent. Il fermentait aussitôt qu'on le mettait en contact avec de la levûre de bière (1).

Si l'on traite par l'alcool du pain blanc que l'on a préparé sans addition de lait, on peut facilement réussir à en séparer du sucre.

En résumé, lorsque, après avoir fait une pâte avec de la farine de froment, on la met en pleine fermentation par une addition de ferment, il se produit deux phénomènes simultanés dont l'un consiste en une production d'une grande quantité de dextrine et de sucre, et dont l'autre est constitué par une décomposition immédiate d'une partie du sucre qui fermente et se transforme ainsi en alcool et en acide carbonique. Deux groupements organiques différents passent donc simultanément à l'état de décomposition. L'un est la substance albumineuse soluble, non coagulable, qui se transforme en agent modificateur de l'amidon ; l'autre (peut-être la glutine) passe à l'état d'agent de dédoublement du sucre, et forme alors le contenu des cellules qui constituent le ferment : en effet c'est toujours de cette manière que l'on prépare le ferment.

Pour mettre en lumière d'une manière évidente la production du sucre dans une pâte de farine par la fermentation, nous ne devons pas omettre de rappeler ici que, dans la cuisson du pain, il se sépare de la pâte une certaine quantité d'alcool qui distille. On a même cherché en Angleterre à obtenir ainsi l'alcool en opérant sur de grandes quantités : mais comme les appareils étaient fort coûteux, ce procédé n'a point passé dans la pratique usuelle.

(1) On n'obtient pas par cette méthode la totalité du sucre, puisque, dans la pâte même, une portion du sucre est transformée immédiatement par la fermentation en alcool et en acide carbonique : il se produit donc dans la mise en pâte une quantité de dextrine relativement plus considérable que celle du sucre.

Il restait encore à répondre à une autre question. La substance albumineuse soluble est-elle surtout la substance génératrice de la diastase, et en outre, en admettant que la substance que l'on a nommée diastase ne soit à proprement parler qu'une substance à l'état de décomposition, cette substance est-elle la seule substance qui puisse engendrer de la diastase? Ou de même que le ferment peut être engendré par toutes sortes de substances en décomposition (1), de même toutes sortes de substances albumineuses en décomposition peuvent-elles donner naissance à un agent modificateur de l'amidon, ou plutôt les circonstances dans lesquelles la diastase effectue la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre, ne sont-elles pas précisément la cause pour laquelle une substance albumineuse subit cette transformation en agent modificateur de l'amidon. Si nous pouvons arriver ainsi à donner au mot diastase une signification générale, ainsi que cela a lieu pour la signification de l'expression *ferment* dans la fermentation, la science aura perdu la diastase comme substance particulière, mais elle aura gagné d'autre part, en ce qu'un phénomène qui avait un caractère spécial aura pris un caractère général.

Jusqu'à un certain point, le fait est déjà démontré. En effet, on avait autrefois trouvé du sucre dans toutes les espèces de grains, bien que des expériences plus récentes aient montré qu'ils n'en contenaient pas. Dans les analyses de Einhoff, de Proust, de De Saussure, que nous avons données p. 22 et p. 38, une certaine quantité de sucre se trouve toujours indiquée. On a trouvé du sucre bien qu'il ne s'en trouvât pas dans le grain. Il devait donc être un produit de décomposition et s'être formé aux dépens de la dextrine qui avait dû elle-même se produire aux dépens de l'amidon : sa production devait donc être la conséquence de ce que les substances albumineuses du grain étaient passées à l'état de décomposition par l'action de l'eau à une température élevée et au contact de l'air.

Il résulte donc de là que, dans aucun grain amylacé, la germination n'est nécessaire pour déterminer la production d'une substance qui joue le rôle d'agent modificateur de l'amidon et que l'orge n'est en aucune manière indispensable pour obtenir cette substance.

(1) *De Wijn*, p. 65.

Mais nous devons considérer la chose à un point de vue plus élevé, si nous voulons nous faire une idée véritablement exacte de la nature de ce que l'on a retiré de l'orge et considéré comme une substance particulière à laquelle on a donné le nom de diastase. Lassaigne, Bouchardat, Mialhe, Bernard et Barreswill, Sandras et Bouchardat, et Magendie ont démontré, chacun à sa manière, que la transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre, peut être opérée, dans des circonstances très-différentes, par différentes substances organiques et, par exemple, par la bile, par l'urine devenue acide, par le sérum du sang, par le sang, par la matière cérébrale, par le suc pancréatique, par le cœur, par la substance musculaire, par les poumons, par le foie, par les reins, tandis que, d'autre part, la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre par l'action de la salive seule, ou par l'action de la salive et du mucus buccal a été l'objet des recherches de Leuchs, de Schwann, de Wright et de Mialhe. Il nous suffira de citer deux exemples que nous emprunterons aux recherches de Magendie (1). Il mélangeait dans un vase de l'empois avec du serum frais à la température de 40° centigrades : après quelques instants, l'amidon avait disparu et, au bout d'un quart d'heure, on pouvait se convaincre que le mélange contenait du sucre et de la dextrine.

Le sang lui-même, au moment où il sort de la veine, présente également la faculté d'opérer la transformation de l'amidon : si l'on fait bouillir 5 grammes d'amidon avec 100 grammes d'eau et si l'on mélange l'empois ainsi obtenu avec 200 grammes de sang, on observe que, au bout de quatre heures, la transformation de l'amidon est complète ; et on trouve à sa place de la dextrine et du sucre.

Le sang, pendant qu'il circule dans l'animal vivant, possède cette faculté au plus haut degré. Immédiatement après l'injection d'une certaine quantité d'empois dans la veine jugulaire d'un lapin, on ne pouvait plus retrouver aucun indice d'amidon dans le sang ; mais on pouvait bientôt y constater la présence du sucre, bien que, avant l'expérience, il n'eût été possible de constater la présence d'aucune trace de sucre dans le sang du même animal. Pendant les cinq premières heures, la

(1) *Comptes rendus*, 1846, t. XXIII, p. 189.

quantité de sucre contenue dans le sang du lapin allait toujours en augmentant : mais, au bout de ce temps, elle a commencé à diminuer et, sept heures après l'expérience, il n'y avait plus de sucre dans le sang du lapin.

La même expérience, répétée sur des chiens, a donné le même résultat.

Dans la physiologie de l'homme et des animaux, c'est un fait aujourd'hui généralement reconnu que l'amidon est transformé en sucre, non-seulement dans l'estomac et dans les intestins, mais que cette transformation continue à s'opérer dans le sang. Si nous ajoutons que chacun des organes de l'économie animale possède cette faculté, il en résultera évidemment que c'est une idée trop exclusive et trop restreinte, et qui s'éloigne de la vérité, que celle qui admet dans l'orge germée une substance spéciale douée de la propriété indiquée.

Cette faculté de transformer l'amidon en dextrine et en sucre que nous rencontrons à un si haut degré dans l'organisme animal, nous la rencontrons également dans le règne végétal. Nous la rencontrons surtout dans toutes les semences amylacées en germination, mais en outre dans toutes les parties de plantes qui contiennent de l'amidon, dans lesquelles l'amidon disparaît et est remplacé par de la dextrine et du sucre.

Les expériences de Bouchardat (1) méritent encore à un plus haut degré notre attention. Il fait remonter les premières notions sur le sujet qui nous occupe à Fourcroy qui, le premier (2), a parlé d'une fermentation saccharine, c'est-à-dire d'une réaction dans laquelle il se produit du sucre, et il donne le nom de *fermentation glucosique* à toute réaction dans laquelle il se produit du sucre par l'action d'une substance qui subit elle-même une transformation : il n'y a cependant pas là, à proprement parler, une fermentation, mais il y a plutôt une transformation. En outre Bouchardat considère, mais tout à fait à tort, comme étant des réactions du même ordre, la transformation que l'amidon subit par l'action de l'infusion de malt, et la décomposition, le dédoublement, qui se produit par l'action de la synaptase sur l'amygdaline, la sali-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XIV, p. 61.

(2) *Système des connaissances chimiques*, t. VIII, p. 116. Paris, brumaire an IX, (1800).

cine, etc. ; cependant, fermentation, transformation, dédoublement, sont trois modes d'action essentiellement différents.

Bouchardat a employé, pour ses expériences, de l'empois d'amidon, et il a vu que, au bout de 24 heures, les substances suivantes avaient transformé en sucre une certaine quantité de l'empois et avaient ainsi donné naissance à une certaine quantité de sucre représentée par les chiffres suivants que j'extrais du mémoire de Bouchardat : glutine 0,3 ; albumine végétale sèche ; gluten brut frais 0,4 ; gluten brut sec en poudre 1 ; chair putréfiée 0,5 ; gluten putréfié 0,8 ; ferment de la bière 1 ; orge germée 3,8 ; albumen d'orge germée 3,8 ; orge putréfiée 0,4. — Avec d'autres substances qu'il a exposées à un traitement analogue, il a aussi observé une production de sucre ; mais la quantité n'en est pas considérable.

Bouchardat n'est aucunement d'avis que, dans toutes ces substances, on puisse retrouver la soi-disant diastase de Payen et de Persoz ; en effet il a fait sur beaucoup de ces substances des efforts infructueux pour en retirer de la diastase en suivant la méthode indiquée. La faculté d'effectuer la transformation de l'amidon appartient par conséquent à un grand nombre de substances en décomposition. Nous nous trouvons donc ainsi de plus en plus éloignés de l'opinion qu'il existe une substance particulière, douée de cette propriété, qui mérite un nom particulier.

Dans des expériences qu'il a faites dans le but d'étudier l'influence de divers agents sur la transformation de l'amidon et dans lesquelles il a opéré sur un empois formé de 1 partie d'amidon pour 10 parties d'eau, dont il mélangeait 100 parties avec 5 parties d'orge germée en poudre, il a vu que l'acide nitrique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, l'acide oxalique, l'acide tartrique et l'acide citrique arrêtaient complétement la transformation de l'amidon. Il n'en était pas de même de l'acide formique, de l'acide arsénieux, de l'acide tannique qui ralentissaient seulement l'action : l'acide acétique et l'acide cyanhydrique (acide prussique) ne paraissaient exercer qu'une action retardatrice très-peu prononcée.

La transformation de l'amidon était complétement arrêtée par la potasse, la soude et la chaux : la magnésie, l'ammoniaque et les carbonates de potasse et de soude exercent une in-

fluence beaucoup moins prononcée : l'influence du carbonate d'ammoniaque est encore bien moindre et celle des bicarbonates alcalins est presque nulle.

Dans le grand nombre d'autres substances avec lesquelles Bouchardat a expérimenté, je citerai encore seulement l'alcool, l'éther, la créosote et les huiles essentielles de térébenthine, de moutarde, de citron et d'anis qui ne ralentissent point la transformation de l'amidon. Il y a donc une différence essentielle entre ce qui se passe dans la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre et ce qui a lieu dans la fermentation alcoolique : en effet les substances indiquées en dernier lieu arrêtent la fermentation alcoolique.

On fera peut-être remarquer que, dans toutes ces expériences, on peut admettre l'identité de la source de l'activité chimique, puisque, dans les expériences faites avec toutes ces substances, la quantité d'amidon qui a été transformée, est peu considérable, aussi bien dans l'expérience de De Saussure dans laquelle on a employé du gluten brut que dans l'expérience faite avec sa mucine, ainsi que dans les expériences de Magendie, de Bouchardat et de beaucoup d'autres, mais que, au contraire, une petite quantité de diastase suffit pour transformer en sucre une quantité considérable d'amidon. Cette différence est bien connue : en effet c'est un fait auquel je ne crois pas du reste devoir attribuer une grande valeur que, dans le malt qui est considéré comme contenant $\frac{1}{100}$ de diastase, il se trouve une substance dont il faut 2 parties pour transformer 1000 parties d'amidon en sucre et qu'il ne faut que 1 partie de ce même malt pour transformer 1000 parties d'amidon en dextrine; en effet, comment ont été opérées ces déterminations? La grande quantité de gluten brut qui est nécessaire pour opérer la transformation d'une petite quantité d'amidon, ne passe pas entièrement à l'état d'activité chimique qui est la condition indispensable pour qu'il puisse transformer l'amidon en sucre; une très-petite quantité seulement de la masse passe à cet état : il n'y a donc qu'une très-petite quantité de la masse qui agit tandis que le reste n'exerce aucune action (Kirchhoff). Toutes les substances dont il est question dans les expériences de Bouchardat et de Magendie, sont dans le même cas. Mais il n'y a vraiment là aucun motif qui puisse porter à admettre l'opinion, ou bien que, dans toutes les substances qui opèrent la

transformation de l'amidon, il se trouve un seul et même agent doué de la faculté d'opérer cette transformation, ou bien qu'il existe un nombre d'agents, doués de cette faculté, aussi grand que l'on peut trouver de substances qui opèrent avec succès cette transformation.

De ce que nous venons de dire, on peut donc tirer la conclusion générale que des substances albumineuses à un état déterminé de décomposition jouissent de la faculté d'opérer la transformation de l'amidon en sucre. La tâche de la science est de préciser ce que l'on doit comprendre sous l'expression d'*état déterminé*. Comparativement, sinon scientifiquement, cet état est déjà précisé. Aucun mode d'activité chimique ne nous est complétement connu : celui-là ne nous est donc pas plus connu que les autres.

De ce que nous avons dit, il résulte que l'expression de diastase devrait cesser d'être admise par la science : en effet ce nom rappelle l'idée d'une substance déterminée qui possède la propriété que nous avons reconnue appartenir à plusieurs substances, et cette idée n'a aucune raison d'être admise.

Je crois qu'il est temps de faire disparaître de la science certaines dénominations qui ont rendu certainement de grands services, mais qui arrêteraient son essor si on continuait à en faire usage plus longtemps. Parmi ces dénominations, vient se ranger celle de diastase.

Le mot ferment (en hollandais *gist*, en allemand *Gährungsstoff*) est employé dans le sens d'agent de dédoublement (*snijder*) : le ferment qui détermine la production de la fermentation alcoolique, peut être désigné sous la dénomination d'agent de dédoublement du sucre (*suiker-snijder*). — Une simple transformation sans dédoublement, lorsqu'on la considère au point de vue général de sa cause originaire, peut, de même que l'action du ferment, lorsqu'on la considère comme un dédoublement de molécules organiques avec dégagement de gaz, être désignée par un nom particulier. On devrait alors employer dans ce cas la désignation d'agent de transformation (*omzetter*) et pour tout ce qui détermine la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre, on pourrait employer l'expression d'agent de transformation de l'amidon (*zetmeel-omzetter*).

Mais cette expression n'est plus employée dans le sens de

l'agent de transformation de l'amidon, mais dans le sens d'*un* agent de transformation de l'amidon : en effet il y en a peut-être un grand nombre (1).

Nous croyons devoir faire encore ici une observation. Berzelius avait déjà remarqué (2) que tous les agents de transformation de l'amidon exigent en dehors de l'organisme vivant une température bien plus élevée que dans l'organisme vivant pour exercer leur action. L'observation est importante. Dans les semences en germination, l'amidon est transformé en dextrine et en sucre à la température ordinaire : dans l'organisme animal, l'amidon est également transformé en dextrine et en sucre à la température de l'animal. Une température d'environ 72° est au contraire indispensable pour qu'un agent quelconque de transformation, même celui qui est le plus actif, puisse produire rapidement dans nos expériences la modification indiquée.

On peut incontestablement admettre que, à l'intérieur de l'organisme, la quantité abondante d'agent de transformation qui y existe, détermine la même transformation à une température considérablement moins élevée, tandis qu'une température plus élevée est nécessaire lorsqu'il y a une quantité moindre du même agent.

Schlossberger (3) conteste la valeur de l'argument indiqué par Berzelius et paraît pour cela se rattacher à l'opinion que c'est, dans le grain, une autre substance que la soi-disant diastase qui détermine la transformation de l'amidon et qui peut être séparée par un des procédés connus. Il n'y a aucune raison d'admettre une autre substance : on devrait plutôt admettre que les manipulations au moyen desquelles on a effectué la séparation de la soi-disant diastase, lui ont fait perdre une portion de l'intensité de sa faculté transformatrice et que, pour qu'elle puisse agir, il est besoin d'une température plus élevée que lorsque la substance n'a pas été traitée par l'alcool, chauffée, puis desséchée. — Une infusion de malt préparée à froid détermine la transformation des propriétés de l'empois d'amidon, même à la température ordinaire, si rapidement que cette transformation peut être observée à l'instant.

(1) Littéralement : vingt-cinq.
(2) *Lehrbuch*, 1837, 3e édit., t. VI, p. 468.
(3) *Org. Chemie*, 1857, p. 121.

Ce qui a poussé Schlossberger à tirer une conclusion aussi restreinte de nos connaissances relatives à l'agent de la germination du grain (qu'il désigne toujours sous le nom de ferment : or un ferment est un agent de dédoublement et non un agent de transformation), c'est que nous ne savons pas d'où provient, dans les semences oléagineuses, la diminution de la quantité de la matière grasse pendant la germination. Nous devons reconnaître en effet que nous ne le savons pas ; mais savons-nous ce qui détermine la transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre ?

Du reste, il paraît certain que, dans les semences en germination aussi bien que dans l'organisme animal, la matière grasse doit avoir son agent de transformation spécial, et si nous ne savons pas quelle est la substance qui, en passant originairement à l'état d'activité chimique, détermine surtout la transformation de la matière grasse en acide carbonique et en eau, nous pouvons ne pas nous en préoccuper : en effet nous ne le savons pas d'une substance spéciale, mais nous le savons dans un sens général.

En ce qui concerne ces dédoublements, comme celui que subit par exemple la matière grasse, je crois devoir attirer ici l'attention sur les expériences de Millon et de Reizet (1) qui ont vu certaines matières grasses, et notamment l'huile d'olive, se décomposer en présence de la mousse de platine, en eau et en acide carbonique à une température de 90° et même de 80°. Si, dans la germination ou dans l'économie animale, la matière grasse est transformée en acide carbonique et en eau, une portion de l'action doit être mise sur le compte de l'agent de dédoublement et une autre portion sur l'action de la température.

Rechercher dans ce cas un agent spécial de dédoublement, ce serait se donner une peine inutile, absolument comme celle de rechercher un agent spécial de transformation de l'amidon. Ce que la science peut nous apprendre, c'est que la substance en question est une substance albumineuse qui se trouve à l'état de transformation chimique, ou bien, et c'est la notion la plus élevée à laquelle on puisse prétendre, la science peut nous apprendre de quelle nature est la substance qui subit la

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. 1843, 3me série, t. VIII, p. 280.

transformation et en quoi consiste cette transformation. Mais quelle est réellement cette substance, c'est une question qui ne peut pas être résolue, parce que, dans le phénomène en question, la substance cesse d'exister à son état primitif et se transforme et que c'est précisément sur ce fait que repose tout le phénomène, en sorte que ce qui détermine le caractère spécial de cette substance, c'est de ne pas avoir d'existence propre au point de vue chimique.

Ce que nous venons de dire, deviendra peut-être plus clair par la comparaison avec ce qui se passe dans le mode de préparation si rapide du vinaigre sur lequel nous allons appeler actuellement l'attention. De l'esprit de malt, étendu d'eau, en un mot de l'alcool faible, se transforme en acide acétique par l'action simultanée de l'air atmosphérique et de la mousse de platine ou d'une quantité excessivement petite d'une substance organique en décomposition. On peut du reste prendre presque dans ce but une substance quelconque : en effet, dans la préparation rapide de l'acide acétique, on ajoute à l'alcool faible toute espèce de substances. Personne ne soulèvera assurément la question de savoir quelle est ici positivement la substance active : c'est un groupement organique complexe en mouvement.

Lorsqu'une mouche dépose ses œufs dans de la viande et lorsque, par suite, cette viande se pourrit, c'est au point de vue chimique un non-sens que de vouloir savoir quel groupement chimique en décomposition est la cause originaire de ce qui se passe.

Il me semble que cela est également, en grande partie, exact pour l'agent de la transformation de l'amidon.

Enfin est-il besoin de rappeler que, d'après les expériences de Payen et de Persoz sur la diastase même (1), ces chimistes ont trouvé cette substance, non-seulement dans l'orge germée, dans l'avoine et dans le seigle, mais aussi dans les pommes de terre en germination et dans les bourgeons d'*aylanthus glandulosa*.

Nous devions donc incontestablement admettre que le règne végétal et le règne animal tout entiers en sont imprégnés.

Ou bien n'existe-t-il pas de diastase qui, au printemps, dé-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. LIII, p. 73.

termine la mise en activité de tout le règne végétal et qui, non-seulement détermine la dissolution de l'amidon, mais aussi mette en activité et entretienne toute espèce de décompositions? Ce serait assurément une idée trop restreinte que celle qui consisterait à admettre une seule et même substance comme cause déterminante de tous ces phénomènes, lorsque nous voyons que, dans chacune des parties d'une plante ou d'un animal, le tout est maintenu à l'état actif par un ensemble complexe de substances, en sorte que si, sur cet ensemble de substances, on en ôte une, on ne peut plus se rendre compte de l'action de l'ensemble.

On a exprimé de la chicorée; on a divisé en deux parties égales le suc obtenu ; on a ajouté à l'une de l'empois préparé avec de la fécule de pommes de terre; on a fait digérer les deux liqueurs pendant 3 heures à une température de 60° à 70°, puis on a essayé ensuite les deux liqueurs avec le réactif cuivrique. Dans les deux cas, il s'est produit une réduction qui est telle qu'il faut 4 parties de la liqueur qui contient le suc de chicorée seul pour réduire une quantité déterminée de réactif cuivrique, tandis que 3 parties seulement de la liqueur qui contient le suc de chicorée additionné d'amidon sont nécessaires pour produire la même action.

Le suc de chicorée devrait donc, d'après Payen et Persoz, contenir de la diastase.

Je pense que l'on pourrait à peine trouver un suc végétal qui soit privé de la faculté de transformer l'amidon en dextrine, puis en sucre, comme aussi on ne paraît connaître aucun liquide appartenant à l'économie animale ou aucun tissu animal auxquels cette faculté soit refusée si les circonstances dans lesquelles ils se trouvent, n'y mettent pas obstacle.

La physiologie végétale peut ici, comme en quelques autres points, tirer des renseignements de la physiologie animale: mais je ne puis comprendre en aucune manière le débat interminable relatif à la question du sucre que l'on voit se renouveler sans cesse à Paris, entre les savants français, bien qu'il paraisse devoir être terminé.

Dans ce qui précède, je n'ai fait que peu mention de ce qui a été trouvé et supposé dans la physiologie animale relativement aux agents qui y déterminent la transformation de l'amidon : dans un ouvrage sur la bière, cela n'aurait pas été

la place convenable pour le faire. Je ne crois pas cependant pouvoir m'abstenir de remarquer que dans la salive qui, de même que le suc pancréatique possède à un très-haut degré la propriété d'effectuer la transformation de l'amidon, Mialhe (1) admet l'existence d'une diastase animale que l'on prépare de la même manière que la diastase végétale au moyen du malt (p. 151); que Bouchardat et Sandras admettent également une diastase animale dans le suc pancréatique.

Une preuve évidente qu'un agent de transformation de l'amidon est une substance à l'état de décomposition, nous est précisément fournie par la salive. Ce n'est pas le mucus de la cavité buccale, ni la salive seule, mais bien le mélange de mucus buccal et de salive qui opère si rapidement la transformation de l'amidon en sucre. La salive de la parotide ne paraît participer en rien à cette transformation; il en est autrement des glandes que l'on désigne sous le nom de glandes submaxillaires.

Si un très-grand nombre de substances exigent pour opérer la transformation de l'amidon en sucre un temps plus long que l'infusion de malt, la salive ou le suc pancréatique, cela ne prouve en aucune manière qu'il existe dans ces trois dernières substances un agent spécial présentant la faculté d'effectuer la transformation de l'amidon, mais cela prouve qu'il existe une substance fortement en décomposition (2). Dans le liquide mélangé contenu dans la cavité buccale, la salive fournit la matière de l'agent de transformation, tandis que le mucus buccal détermine sa mise en activité (ou réciproquement). Dans ce cas, un agent de transformation est nécessaire pour produire l'agent de transformation, ce qui veut dire, en employant

(1) *Chimie appliquée à la physiologie.* Paris, 1856, p. 38.

(2) Le malt ne contient que 1/2 pour 100 de sucre, et cependant il est connu pour sa saveur douce; cela vient de ce que le liquide mélangé qui se trouve dans la cavité buccale, transforme instantanément en sucre la dextrine du malt.

Si l'on mâche du malt pendant quelques instants, si l'on enlève ensuite le tout de la bouche, si on y recherche le sucre et si on compare le résultat avec celui que donne une égale quantité de malt non mâché, on observe que la quantité de sucre contenue dans la première est beaucoup plus grande.

Si l'on ajoute de la salive à de l'empois très-épais, on peut observer à l'œil le passage de l'empois à l'état liquide : cette expérience nous apprend qu'il s'est formé de la dextrine et ensuite du sucre.

L'action est instantanée et m'a paru plus rapide que celle qui est produite par une forte infusion de malt.

les termes usités en chimie, que les substances contenues dans le mucus buccal et dans la salive, en réagissant les unes sur les autres, déterminent la production d'un groupement moléculaire à l'état actif qui peut entraîner l'amidon dans son mouvement.

Mais peut-il encore rester quelque doute qu'il n'y ait, dans cette transformation, un groupement moléculaire en mouvement, lorsqu'on voit le liquide mélangé contenu dans la cavité buccale perdre en peu de temps sa faculté de transformer l'amidon, lorsqu'on le conserve à la température ordinaire, précisément comme l'infusion de malt ?

CHAPITRE V.

DESSICCATION DU MALT.

Lorsque les premiers rudiments des radicelles de la jeune plante se sont développés jusqu'à une longueur suffisante, ce qui est un signe que la transformation chimique voulue s'est produite dans le grain (p. 96), on dessèche le malt, non-seulement pour le préserver contre toute transformation chimique ultérieure, mais aussi pour pouvoir le conserver jusqu'à l'époque où il devra ultérieurement servir à la préparation de la bière.

La dessiccation peut être opérée, soit à la température ordinaire par l'action d'un courant d'air, soit au moyen de la chaleur artificielle, et, dans ce dernier cas, on emploie, pour opérer cette dessiccation, des degrés de température différents (1). La dessiccation du malt à l'air libre ou à une tempé-

(1) En Hollande, la dessiccation à air libre est spécialement désignée sous le nom de dessiccation (*droogen*), tandis que la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle prend le nom de *eesten* : de même en Allemagne, la première seule conserve le nom de *trocknen*, et la seconde prend le nom de *darren*. Si l'on voulait donner aussi en France deux noms différents aux deux modes de dessiccation, on pourrait conserver pour le premier le nom de *dessiccation* et désigner la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle sous le nom de *torréfaction* : le malt desséché au moyen de la chaleur artificielle (en hollandais, *geëste mout*; en allemand, *darrmalz*) devrait alors être désigné sous le nom de *malt torréfié*.

rature peu élevée n'a pas d'autre but que d'empêcher toute décomposition chimique ultérieure : la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle à une température plus élevée détermine dans le malt de nouvelles transformations chimiques. Par la dessiccation du malt au moyen de la chaleur artificielle à des degrés de température très-différents, on obtient un nombre de bières différentes aussi grand que le nombre de degrés différents auxquels le malt a été desséché.

Pour effectuer la dessiccation du malt à l'air libre, il n'est nécessaire que d'étendre le malt en couches minces dans un endroit dans lequel on puisse maintenir un courant d'air continu et de le retourner fréquemment. Plus la dessiccation a été rapide, moins le malt présente de tendance à continuer à subir des modifications chimiques.

Il résulte naturellement de ce que nous venons de dire que le malt pèse moins que l'orge qui a été primitivement employée à sa préparation, tous deux étant supposés secs (p. 97).

Le malt qui a été seulement desséché à l'air, donne par le brassage un liquide qui n'est pas clair et une bière qui ne peut pas être conservée. Aussi le malt desséché à l'air, n'est-il employé surtout que pour la préparation des bières légères; la plus grande partie du malt est au contraire desséchée au moyen de la chaleur artificielle. — Actuellement, pour la préparation des bières blanches légères, on n'emploie plus que rarement le malt desséché à l'air ; mais on emploie du malt qui, après avoir été desséché à l'air, a toujours été exposé ensuite à l'action d'une chaleur artificielle peu intense.

La dessiccation du malt au moyen de la chaleur artificielle, soit qu'il ait été, ou non, préalablement desséché au contact de l'air, s'opère en étalant le malt sur une surface qui est chauffée au moyen d'un foyer et sur laquelle le malt est exposé à l'action d'un fort courant d'air, de manière que l'eau qui s'évapore soit enlevée rapidement (1). Si le malt contenait

(1) En ce qui concerne la manière dont on doit mener la dessication du malt au moyen de la chaleur artificielle, aussi bien que les règles pratiques de cette opération, je renverrai le lecteur aux ouvrages allemands de Balling, de Müller, de Habich, etc., etc., à l'ouvrage de Lacambre, au *Report on malting*, etc., etc., drawn up by Dr. Thomson, in conjunction with Drs. Hope and Coventry, ordered by the House of Commons to be printed, ainsi qu'à l'article détaillé *on Brewing and Malting* que le Dr. Thomson a publié dans *the Supplement to the Encyclopædia Britannica*, et à la plupart des ouvrages sur la bière.

encore de l'eau, il se modifie très-rapidement. A une température de 60°, le malt encore humide se colore déjà en brun, ce qui vient surtout de ce que le sucre de fruits, sous l'influence de substances en décomposition, continue à se modifier et se transforme en partie en une substance analogue à l'humus.

En général, on ne suit pas ce mode d'opérer, mais on dessèche d'abord le malt à l'air libre. Les bières blanches ne peuvent du reste pas être préparées au moyen d'un malt qui a été exposé à l'action de la chaleur pendant qu'il était encore humide, lors même que la température à laquelle il aurait été exposé, aurait été très-peu élevée.

Lorsque l'espace nécessaire pour dessécher le malt à l'air libre fait défaut, on commence par le placer sur une seconde *touraille* (en hollandais *eest*, en allemand *Malzdarre*), placée au-dessus de la première, sur laquelle le malt est desséché légèrement par la chaleur que la première laisse perdre, avant d'être mise sur la première touraille, qui est celle sur laquelle s'opère, à proprement parler, la dessiccation du malt au degré voulu.

Le premier but que l'on se propose en chauffant le malt sur la touraille, est de bien le dessécher et de le rendre susceptible d'être conservé. Le malt, desséché à l'air, même lorsqu'il a été desséché de cette manière aussi complétement que possible, absorbe de nouveau peu à peu l'humidité de l'air et il est ainsi exposé à se décomposer. Comme on est obligé de préparer, surtout au printemps, mais aussi à l'automne, une quantité de malt suffisante pour toute une moitié de l'année, il est important que le malt puisse bien se conserver. C'est ce but que l'on atteint en exposant ce malt pour le dessécher à l'action de la chaleur artificielle.

Comment peut-on comprendre ce fait lorsque la chaleur artificielle à laquelle on a desséché le malt est faible et lorsqu'elle n'atteint pas seulement la température de l'eau bouillante? La science n'a pas encore pu en pénétrer la cause : cependant un examen général de l'ensemble de ce qui se passe, ne paraîtra pas assurément hors de propos. Lorsque le malt est préalablement desséché à l'air libre et est seulement ensuite desséché au moyen de la chaleur artificielle, on sait que les substances albumineuses ne s'y coagulent pas, mais ne font que se dessécher : en effet, pour qu'elles puissent se

coaguler, une quantité suffisante d'eau est nécessaire. Lorsque la dessiccation a été opérée à une température peu élevée, on n'a donc pas besoin d'admettre un changement de forme dans les substances albumineuses. Mais, par la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, la forme de l'ensemble a été modifiée, et, par conséquent aussi, la position relative des parties constituantes de cet ensemble : tout ce qui a été exposé à l'action de la chaleur, s'est contracté, et chacune des particules a pris une existence plus individuelle, est devenue ainsi plus compacte, en sorte que, proportionnellement, l'influence des particules de substances hétérogènes qui l'avoisinent et qui, en tout autre cas, devaient exercer sur elle une action chimique, a diminué.

Mais qu'advient-il lorsque, après la dessiccation, le malt absorbe l'humidité de l'air et reprend ainsi une quantité d'eau aussi grande que celle qu'il avait avant d'être desséché à une température peu élevée ? Il est alors impossible que chaque particule puisse reprendre sa place antérieure.

Un fait positif qui présente peut-être encore plus d'importance, c'est qu'une substance qui, ainsi que le malt, a été desséchée lentement et fortement, n'absorbe plus, toutes les autres circonstances étant d'ailleurs égales, la même quantité d'humidité atmosphérique qu'avant cette dessiccation ; en effet, par une forte dessiccation, l'affinité de beaucoup de substances pour l'eau diminue.

Un second but que l'on se propose en desséchant le malt, même lorsqu'on n'opère pas cette dessiccation à une température élevée, est de transformer sous l'influence de l'agent de transformation de l'amidon une quantité encore plus grande d'amidon en dextrine, puis en sucre. La totalité du grain amylacé est pénétrée de cet agent de transformation, et lorsqu'on n'élève pas la température au-dessus de 70° à 75°, la transformation continue, bien que le grain ait été desséché à l'air libre : au-dessus de cette température, il en est tout autrement.

Dans le but d'accélérer la transformation, on étend sur la touraille le malt en couches que l'on chauffe régulièrement en les soumettant à l'action d'un courant d'air chaud et en les retournant de temps en temps, afin que la chaleur soit répartie uniformément. Une élévation lente et graduelle de la température est tout à fait convenable ; en effet dès que

le malt a perdu toute l'eau qu'il contient, aucune transformation de l'amidon par l'action de l'agent modificateur n'est plus possible. La quantité de dextrine et de sucre qui s'est produite pendant la dessiccation, dépend donc moins de la durée de temps pendant laquelle le malt a été maintenu sur la touraille que de ce que l'on a commencé à chauffer ce malt à une basse température et de ce que l'élévation de la température a été graduelle et excessivement lente. Enfin, lorsque le malt est sec, l'opération est terminée.

Ce but de la dessiccation, de déterminer une production de dextrine et de sucre sous l'influence de l'agent de transformation, est évidemment secondaire : en effet, dans l'empâtage, ce but est atteint beaucoup plus facilement.

Un troisième but qui est plus important, est d'enlever au malt (je ne connais aucune autre manière d'exprimer ce que je veux dire) le caractère d'une substance provenant de plantes fraîches, de manière que la bière qu'il servira à préparer ne présente pas les propriétés d'une infusion d'une substance provenant de plantes fraîches. — Nous devons surtout faire ici mention de deux propriétés que les sucs de plantes ou les infusions de plantes, lorsqu'ils sont chauffés au moyen de la chaleur artificielle, possèdent bien moins, que lorsqu'ils sont à l'état frais : je veux parler de la moins grande tendance des premiers à être troubles et de leur plus grande facilité à se conserver.

Nous nous occuperons plus loin d'un quatrième but de la dessiccation.

Quelle que soit la température à laquelle la dessiccation a été opérée, lors même qu'elle ne serait que de 50° qui est à peu près la température la plus basse que l'on ait indiquée pour la dessiccation du malt destiné à la préparation des bières blanches, le malt est toujours plus ou moins coloré, même lorsque, avant d'être porté sur la touraille, il a été préalablement desséché à l'air libre aussi complétement et aussi rapidement que possible. Mais, pour chaque degré de température au-dessus de 50°, le malt placé sur la touraille prend une couleur de plus en plus foncée et donne dans la même proportion une bière de plus en plus foncée. — La température à laquelle le malt doit être desséché pour que l'on obtienne une bière d'une coloration déterminée, a été l'objet d'indications

très-différentes : aucune question n'a donné des résultats aussi différents. La raison en est que l'état d'humidité du malt exerce aussi une grande influence sur la coloration du malt. J'ai vu du malt que l'on avait desséché à l'état humide, devenir brun-foncé à 60°, tandis que du malt qui avait été préalablement desséché à l'air, pouvait-être desséché à cette température sans prendre une coloration particulière. — Le malt desséché à l'air ne contient du reste pas toujours une quantité d'eau égale. Plus il était humide lorsqu'on l'a porté sur la touraille, plus la bière qu'il a servi à préparer, est brune, lors même que, pour en effectuer la dessiccation, on l'a exposée à une température plus faible.

Si l'on excepte quelques espèces particulières de bière, ou bien le cas dans lequel on veut rendre du malt préparé à une température plus basse, apte à servir pour rendre une bière plus brune, ce qui nécessite une addition de malt brun, la température qui est en général nécessaire pour la dessiccation à la touraille, est généralement de 50° à 80°. Mais comme le malt repose sur une surface chaude dont la température est beaucoup plus élevée et comme les grains de malt, lorsqu'on les retourne, se trouvent alternativement en contact avec la surface ainsi chauffée, on peut assurément admettre que les grains de malt ont été exposés, du moins temporairement, à une température qui est beaucoup plus élevée que celle à laquelle la masse du malt est exposée sur la touraille.

Par l'action d'une forte élévation de température, supérieure à celle de l'ébullition de l'eau, la coloration du malt devient de plus en plus foncée, et si l'on élève suffisamment la température pour qu'il puisse se former des produits pyrogénés, le malt subit le mode général de décomposition auquel, comme on le sait, toutes les matières organiques sont exposées.

Même dans des cas dans lesquels la nécessité de ne pas opérer la dessiccation à une température supérieure à 75°, est positivement démontrée, on trouve quelquefois l'indication que la dessiccation a déterminé dans le malt la formation de produits pyrogénés aromatiques : comme nous le verrons plus loin, la cause de la couleur brune n'est aucunement la torréfaction du malt, et comme de la couleur brune du malt et de la bière que ce malt a servi à préparer, on tire des conclu-

sions relatives à la manière dont la torréfaction a été conduite, la base sur laquelle reposent ces conclusions, est erronée.

De ce que nous venons de dire, il ressort suffisamment que la dessiccation du malt exerce une très-grande influence sur les propriétés de la bière que l'on prépare au moyen de ce malt, aussi bien en ce qui concerne ses parties constituantes qu'en ce qui concerne la saveur et la couleur de la bière qui en dépendent.

Il est nécessaire d'entrer ici dans quelques particularités et d'examiner de plus près les modifications qui se produisent dans le malt lorsqu'on le dessèche à des températures différentes.

Avant tout, nous devons nous arrêter sur les points suivants dont l'examen présente une grande importance : au-dessus de 75°, l'agent de transformation de l'amidon qui avait pris naissance dans le grain, devient sans action, lorsqu'il a été exposé encore humide à l'action de la température destinée à en opérer la dessiccation. Lorsque le malt est sec, il supporte une température bien plus élevée, sans perdre la faculté de passer de nouveau à l'état actif, lorsqu'on le met de nouveau en contact avec l'amidon en présence de l'eau.

C'est pour cela qu'une élévation lente et graduelle de la température et la dessiccation préalable du malt à l'air sont des conditions indispensables à remplir lorsqu'on veut que le malt ne se détériore pas par la dessiccation sur la touraille.

L'agent de transformation de l'amidon ne possède pas seul la propriété indiquée. Le blanc d'œuf qui se coagule à 63°, peut positivement, lorsqu'il a été desséché lentement et graduellement, être exposé, après sa dessiccation, à une température de 100° et se comporter ensuite à l'égard de l'eau de la même manière que l'albumine non coagulée. — Si l'agent de transformation de l'amidon à l'état sec ne pouvait pas supporter une température plus élevée que 75° sans perdre sa faculté d'agir, la dessiccation à cette température présenterait déjà de graves inconvénients relativement à la préparation de la bière, et c'est ce qui n'est pas.

Quoi qu'il en soit, la portion extérieure du grain doit toujours être la plus exposée à l'action de la chaleur, tandis que la portion intérieure du grain doit être celle qui est le moins impressionnée, bien que, sur la touraille, le grain ait été con-

tinuellement remué. Toutes les modifications que le grain subit par l'action d'une température élevée ou trop élevée, affectent donc surtout la couche extérieure du grain. Mais comme une température, s'élevant graduellement jusqu'à 75°, favorise, sur la touraille la transformation de l'amidon en dextrine puis de la dextrine en sucre, le tout sous l'influence de l'agent modificateur, on comprend que le malt, desséché à une température très-élevée, puisse encore servir à la préparation de la bière ; en effet l'intérieur du grain n'atteint pas une chaleur aussi élevée, ou bien, en admettant que l'on ait pris la précaution de dessécher préalablement à l'air le grain de malt, l'agent modificateur peut y supporter une température supérieure à 75° sans perdre sa faculté d'effectuer la transformation de l'amidon.

Tout dépend donc de ce que l'on a chauffé le malt plus ou moins lentement au commencement de la dessiccation : si l'on expose de suite à une température élevée le malt encore humide, cela fait perdre à l'agent de transformation la faculté de pouvoir encore, après la dessiccation, déterminer la transformation de l'amidon, et tout se borne aux modifications que la température à laquelle le malt a été exposé sur la touraille, a pu lui faire subir.

Il résulte de là que le malt, fortement torréfié, est bien moins apte à déterminer ultérieurement, dans la préparation de la bière, la transformation chimique du grain non malté. Lorsque, pour la préparation de la bière, on ne veut pas employer seulement du malt, mais lorsqu'on veut y ajouter du grain non malté, un malt fortement desséché ne peut pas servir.

En outre, il est évident que la substance qui doit servir ultérieurement à la production de la levûre, a dû être modifiée par une forte dessiccation et que, par suite, l'emploi d'un malt de cette espèce nécessite ultérieurement l'addition d'une quantité considérable de levûre pour que la fermentation suive dans la cuve-guilloire (en hollandais, *gistkuip*; en allemand, *Gahrbottich*; en anglais, *working-tun*, *gyle-tun*) une marche convenable.

Du malt qui a été fortement desséché afin de pouvoir servir à la préparation de la bière brune, ne donnerait pas de bons résultats si on l'employait seul à la préparation de la bière : une trop grande quantité de substances douées de la faculté

modificatrice y a été détruite. Ordinairement, pour la préparation des bières brunes, on ajoute à du malt qui a été desséché à une température plus basse et qui constitue la substance au moyen de laquelle la bière est effectivement préparée, une petite quantité de malt de couleur foncée qui sert de matière colorante, ce qui donne une bière bien meilleure que celle que l'on obtient en se servant de malt desséché à une température telle qu'il possède déjà la coloration que l'on veut obtenir pour la bière. Ce que nous venons de dire, n'a du reste pas besoin d'autre explication. Dans le malt fortement desséché, une trop grande portion des substances albumineuses a perdu la faculté de redevenir active.

Nous devons enfin nous arrêter encore sur deux causes déterminantes de la coloration brune que la bière peut acquérir par la dessiccation du malt. Ou bien cette coloration est la conséquence de la coloration que prend le sucre incristallisable par l'action d'une température élevée, ou bien elle est due à la formation de produits pyrogénés. Dans le premier cas, la matière colorante ne présente pas de saveur amère ; dans le second cas, elle présente une amertume bien nette. Dans le premier cas, la coloration se produit déjà, comme nous l'avons vu (p. 181), à une température relativement très-peu élevée. Ces deux substances font prendre à la bière une coloration foncée : mais elles n'ont rien de commun, ni dans leurs propriétés, ni dans leur mode de production, et ne donnent nullement une bière qui présente les mêmes propriétés.

C'est un fait bien connu que tous les sucs de plantes, lorsque, pour les évaporer, on les soumet à l'action de la chaleur artificielle, donnent un extrait de couleur foncée. La cause originaire de cette coloration est la même que celle pour laquelle le malt à l'état humide prend déjà une coloration très-foncée lorsqu'on le soumet à l'action d'une température de 60° et par conséquent à une température bien inférieure à celle de l'ébullition de l'eau. Le sucre de fruits qui existe dans ces sucs végétaux, ainsi que dans le malt, se transforme en sucre incristallisable dans le malt sous l'influence des substances albumineuses en décomposition que ce malt contient : or le sucre incristallisable ne peut pas être chauffé au contact de l'air, sans devenir brun.

Gerhardt (1) fait observer la concordance de la composition de l'acide apoglucique et de l'assamare : nous profiterons de l'occasion que nous fournit l'examen des substances brunes qui se produisent dans la dessiccation du malt pour nous arrêter un peu sur ce sujet.

L'acide glucique a pour composition $C^{12}H^{9}O^{9}$ qui représente la composition du sucre moins de l'eau, et se produit par l'action d'un alcali ou d'un acide sur le sucre de fruits : au contact de l'air, il devient brun et donne naissance à la substance que j'ai nommée acide apoglucique (2) et pour laquelle j'avais admis la formule $C^{18}H^{10}O^{9}+HO$, mais peut-être devrait-on admettre pour ce corps la formule $C^{18}H^{9}O^{9}$: j'ai fait un trop petit nombre d'analyses de ce corps pour pouvoir émettre une opinion positive à cet égard.

Il paraît y avoir beaucoup de motifs de considérer l'acide apoglucique comme le corps qui a pris naissance dans le sucre incristallisable devenu brun, qui par conséquent colore en brun les extraits pharmaceutiques ainsi que le malt, lorsqu'on l'a exposé à l'état humide à une température de 60°.

Rien ne permet encore de sortir de l'indécision en ce qui concerne la question de savoir si cet acide est le même que celui que Péligot a obtenu en chauffant le sucre de fruits avec de la baryte (3) et qu'il a appelé acide mélassique en lui attribuant la formule $C^{24}H^{10}O^{10}$: en effet les analyses de Péligot diffèrent en ce qui concerne l'hydrogène de plus de 1/5 du chiffre que donne le calcul.

L'acide mélassique est également une substance de couleur brun foncé : Berzelius (4) le considère comme de l'acide apoglucique.

Plus tard, Voelckel (5) a séparé des produits de la décomposition du sucre à une température élevée et notamment du magma noir qui en résulte, la matière amère à laquelle Reichenbach (6) avait donné autrefois le nom d'assamare et qu'il considérait comme une substance qui prend généralement

(1) *Traité de chimie organique*, t. II, p. 565.
(2) *Bulletin de Néerlande*, 1840, p. 37.
(3) *Annales de chimie et de physique*, t. LXVII, p. 157.
(4) *Lehrbuch*, t. IV, p. 691.
(5) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXXXV, p. 74.
(6) *Id.*, t. XLIX, p. 1.

naissance dans la torréfaction d'un grand nombre de substances fort différentes. D'après les analyses de Voelckel, l'assamare aurait pour composition $C^{20}H^{11}O^{11}$.

Je dois enfin citer encore ici le caramel ou la substance brune qui se produit lorsqu'on chauffe le sucre à une température d'environ 220° : cette substance qui a pour composition $C^{12}H^{9}O^{9}$, est soluble dans l'eau et insipide. Lorsqu'on opère sur le sucre de fruits, cette matière se produit déjà à une température de 140°.

Lorsqu'on chauffe fortement le caramel, il donne le caramelan qui, d'après Voelckel, a pour composition $C^{24}H^{13}O^{13}$.

Gélis (1) a distingué, parmi les produits de l'action de la chaleur sur le sucre, trois substances colorées en brun dont l'une est soluble dans l'alcool. Si on la sépare au moyen de l'alcool et si on traite par l'eau le résidu insoluble, on le sépare en une partie soluble et une partie insoluble : cette dernière est tant soit peu soluble dans les alcalis.

Il désigne ces trois substances sous les noms de *caramélane*, *caramélène*, et *caraméline* : ces trois substances réunies constituent le caramel.

La *caramélane* est soluble dans l'alcool : elle devient humide lorsqu'on la laisse exposée au contact de l'air et a pour composition $C^{12}H^{8}O^{8} + HO$, ce dernier équivalent d'eau pouvant être remplacé par un équivalent d'une base métallique.

La *caramélène*, après avoir été épuisée par l'alcool, est dissoute dans l'eau, puis précipitée de sa dissolution au moyen de l'alcool. Elle est de couleur brun rougeâtre et possède une coloration six fois plus intense que la caramélane ; elle n'est pas déliquescente. Elle se combine avec les bases métalliques et forme ainsi des combinaisons salines dont la composition peut être représentée par $C^{36}H^{24}O^{24} + MO$.

La *caraméline* se produit surtout par l'action d'une haute température sur le sucre : elle est insoluble à la température ordinaire dans l'alcool et dans l'eau, mais, à la température de l'ébullition, elle se dissout dans ces deux liquides, et surtout dans les dissolutions alcalines. Elle présente une coloration dix fois plus foncée que la caramélane et a pour composition $C^{48}H^{36}O^{35} + HO$, ce dernier équivalent d'eau pouvant

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1858, t. LII, p. 352.

être remplacé par un équivalent d'un oxyde métallique (1).

Ce sont ces substances dont nous devons rechercher la présence dans le malt desséché au moyen de la chaleur artificielle. — Dans le malt fortement desséché, nous devons rechercher de plus la présence de l'assamare, et la bière que l'on a préparée au moyen de ce malt, doit avoir une couleur foncée et une saveur amère : elle doit avoir une saveur amère sans que l'on y ait ajouté de houblon. Dans le malt fortement desséché, il doit se trouver aussi du caramel.

Il nous reste encore à déterminer quelle est la substance brune qui existe dans le malt que l'on a exposé encore humide à une température de 60°. — Je pense qu'il y a toute espèce de raison de la considérer comme de l'acide apoglucique. Elle n'est pas amère comme l'assamare et ne peut pas être considérée comme constituant avec elle une seule et même substance : aucune démonstration expérimentale ne vient cependant corroborer cette opinion.

Gerhardt compare les résultats des analyses que Voelckel a faites de l'assamare avec les résultats de mes analyses de l'acide apoglucique, et il en conclut que ces deux substances sont identiques.

	Voelckel assamare.	Mulder acide apoglucique.		Calculé.
C.....	54,7	54,1	24	55,1
H.....	5,4	5,4	13	5,0
O.....	39,9	40,5	13	39,9

Mais ces substances pourraient très-bien avoir la même composition, sans cependant être identiques. L'acide apoglucique est une poudre brune qui n'attire pas l'humidité de l'air et qui est insoluble dans l'éther, mais soluble dans l'eau et dans l'alcool : l'assamare est, d'après Voelckel et Reichenbach, une substance soluble dans l'éther et dans l'alcool qui ne peut exister qu'à l'état sirupeux et qui attire rapidement l'humidité de l'air.

(1) Ceux de nos lecteurs qui voudraient faire une étude plus approfondie des corps dont nous venons de parler, feront bien de consulter non-seulement les différents mémoires que nous avons cités, mais aussi l'article que M. Berthelot (*Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 314) a consacré à l'étude de ces composés.

Je crois pouvoir conclure de là que le malt desséché à une température très-élevée contient du caramel et de l'assamare et que ces deux substances n'existent pas dans le malt desséché à une température basse, mais qu'il se trouve dans ce dernier une substance brune qui peut bien être de l'acide apoglucique, bien que, cependant, de nouvelles expériences nous paraissent nécessaires pour déterminer sa nature d'une manière positive.

Si nous revenons au malt desséché au moyen de la chaleur artificielle, nous voyons que, au point de vue chimique, nous devons faire plus de différence que l'on n'en fait dans la pratique. La coloration brune de l'infusion de malt n'est absolument pas un signe de la manière dont le malt a été desséché : en effet le malt fortement desséché et le malt qui, encore humide, a été desséché au-dessus de 75°, peuvent donner une bière également foncée, et qui, cependant, comme nous l'avons dit, possède des propriétés très-distinctes.

Comme on exige pour quelques bières une couleur très-foncée et comme le malt perd une certaine portion de sa valeur par une forte dessiccation, on est dans l'habitude de torréfier une certaine portion du malt jusqu'à ce qu'elle ait presque atteint une nuance café et de s'en servir pour l'ajouter pendant le brassage comme agent de coloration à du malt plus pâle. Ce malt a reçu le nom de malt-couleur (en hollandais *kleurmout* ; en allemand, *Farbmalz*). Il contient de l'assamare et du caramel. — On suit cette méthode pour la préparation du porter.

Dans ce malt-couleur, l'agent de transformation est entièrement détruit et l'amidon qui existait encore dans le malt, a été transformé par la torréfaction en substance gommeuse (p. 135). Si l'on mélange pendant le brassage une grande quantité de ce malt-couleur avec du malt desséché à une température peu élevée, on peut obtenir ainsi une bière qui ait de la consistance, qui soit corsée et qui soit en même temps de couleur foncée et amère : elle peut du reste posséder, même sans qu'on y ajoute de houblon, de l'amertume qu'elle doit alors à la présence de l'assamare. La préparation du malt-couleur ne peut pas être comparée avec la dessiccation ordinaire au moyen de la chaleur artificielle : c'est une véritable torréfaction du malt dans laquelle la température et le mode

d'opérer sont tout autres que ceux qui conviennent au malt : on ne peut donc pas désigner la préparation de ce malt-couleur sous le même nom que la dessiccation du malt ordinaire.

La manière dont on doit diriger la dessiccation du malt, est dans la plupart des cas telle qu'un individu inexpérimenté serait loin d'en être satisfait : en effet les produits volatils auxquels donne naissance la combustion des matières combustibles placées dans le foyer, arrivent au contact du malt par la plate-forme de la touraille qui est criblée de petites ouvertures. On allume un feu peu intense à la partie inférieure d'un conduit qui présente la forme d'un entonnoir ou d'un cône renversé et dont la partie évasé est recouverte par la plate-forme criblée de trous de la touraille. La touraille forme donc l'extrémité supérieure de la cheminée.

Cette disposition est, dans mon opinion, la plus convenable pour que le malt desséché au moyen de la chaleur artificielle puisse jouir de la faculté de bien se conserver. Les huiles pyrogénées comme la créosote et beaucoup d'autres, qui se dégagent pendant la combustion, pénètrent dans le malt et exercent une action telle que les anciens chimistes lui avaient attribué la qualification d'antiseptique. Actuellement, nous disons que la créosote rend les substances albumineuses insolubles. — La faculté que possède le malt de se conserver s'étend à un degré plus ou moins élevé à la bière que l'on prépare avec ce malt.

Cette action favorable des huiles pyrogénées provenant du foyer, ne paraît pas pouvoir être obtenue au même degré lorsqu'on se sert d'un autre mode de chauffage, de la vapeur par exemple.

Knapp (1) se prononce contre l'emploi de la vapeur : cependant lorsqu'on remplit la condition de ne pas employer une surface chauffée directement par la vapeur pour opérer la dessiccation du malt, mais de se servir, dans ce but, d'air chauffé par la vapeur, qui pénètre sur la surface par de petites ouvertures, cette méthode peut donner par la dessiccation du malt des résultats aussi bons qu'une autre. L'air chaud doit pénétrer le malt pour que la dessiccation puisse être opérée

(1) *Chemische Technologie*, t. II, p. 313.

rapidement. La chaleur seule sans courant d'air chaud n'est certainement pas convenable pour opérer une bonne dessiccation. Mais, même en faisant passer au travers du malt un courant d'air chaud, on n'a toujours pas les huiles pyrogénées dont il a été question précédemment.

Dans d'autres localités, on emploie un appareil, disposé comme nos poêles à tubes circulatoires, au moyen duquel on fait passer un courant d'air chaud au travers du malt : ce courant d'air chaud est donc, dans ce cas aussi, exempt d'huiles pyrogénées. Je ne sais pas si l'on peut obtenir avec le malt ainsi desséché une bière qui puisse se conserver aussi longtemps ; mais il n'est pas douteux que l'on ne puisse avec ce malt préparer une bonne bière.

Suivant Combrune (1), on obtient, en faisant dessécher du malt à des températures de plus en plus élevées, les colorations suivantes :

51°.....	blanc.
54°.....	jaune clair.
56°,7.....	ambré.
59°.....	ambré foncé.
61°,7.....	brun clair.
66°,7.....	brun.
69°,4.....	brun foncé.
72°,2.....	brun foncé tacheté de noir.
75°.....	brun noir.
77°,2.....	brun café foncé.
80°.....	noir.

Nous ne devons toutefois pas oublier que, relativement à la coloration du malt, tout dépend du degré de dessiccation auquel le malt se trouve avant d'être porté sur la touraille et de la rapidité de la dessiccation. Je pense que les températures indiquées concernent seulement le malt porté encore humide sur la touraille : le malt préalablement desséché à l'air exigerait une température encore plus élevée.

La perte de poids que l'orge subit tant par les opérations antérieures au moyen desquelles elle est transformée en malt que par la dessiccation de ce malt au moyen de la chaleur artificielle, peut être évaluée en moyenne au chiffre suivant.

(1) Schubarth, *Techn. Chemie*, 1851, t. III, p. 528.

Si l'on évalue à 8 p. 100 la perte pour les opérations antérieures à la dessiccation et si l'on ajoute à ce chiffre une perte, par la dessiccation, de 12 p. 100 d'eau que contient originairement l'orge, on voit que 100 parties d'orge perdent en tout 20 pour 100 de leur poids pour passer à l'état de malt desséché.

Mais cette perte de 12 p. 100 d'eau dépend entièrement de la température à laquelle a été opérée la dessiccation et du degré d'humidité de l'orge. Ce chiffre est donc une moyenne, et rien de plus, qui n'a que peu d'importance au point de vue pratique : en effet le malt, après sa dessiccation, réabsorbe toujours une certaine quantité de l'humidité de l'air et on conçoit que la quantité d'eau ainsi réabsorbée doit varier avec l'état d'humidité de l'air. Cependant on admet ordinairement que le malt desséché pèse 20 p. 100 de moins que l'orge qui a servi à le préparer.

D'après les expériences d'Oudemans, le malt desséché contient une quantité d'eau égale à la moitié à peu près de celle que contient l'orge ; le malt desséché qui avait servi aux analyses d'Oudemans, avait été exposé à l'air pendant quelque temps et pouvait être considéré comme contenant une quantité d'humidité aussi grande qu'il en pouvait absorber.

Le malt desséché à l'air, de même que le malt desséché au moyen de la chaleur artificielle (malt touraillé), doivent tous deux être conservés dans un endroit bien sec.

Comme j'ai l'intention de laisser ici de côté tout ce qui est relatif à la pratique, je dirai seulement, en passant, que la bière appelée pale-ale, est préparée avec du malt touraillé pâle ; que, pour la fabrication du porter, on emploie un mélange de malt noir, de malt brun, de malt jaune succin et de malt pâle en différentes proportions, afin de communiquer à la bière les propriétés de chacune de ces sortes de malt ; que, pour un grand nombre d'autres bières, on emploie des mélanges de malts de différentes espèces, etc.

Les modifications que les principales parties constituantes du grain subissent par la dessiccation, peuvent être déduites des analyses d'Oudemans que nous avons indiquées (p. 18). Elles sont seulement relatives à l'orge ; nous y trouvons les résultats suivants :

	MALT D'ORGE.	
	Touraillé.	Fortement touraillé (1).
Dextrine	5,8	9,4
Amidon	51,2	43,9
Sucre	0,6	0,8
Substances cellulaires	9,4	10,6
Substances albumineuses	9,1	9,7
Matière grasse	2,1	2,4
Cendres	2,4	2,6
Eau	11,1	8,2
	91,7	87,6

Ce qui manque ici pour arriver à 100, est formé de parties constituantes qui n'ont pas été déterminées. Leur quantité s'élève à 6,7 p. 100 dans le malt touraillé et à 10,8 p. 100 dans le malt fortement touraillé : en effet nous avons vu (p. 25) qu'il y a dans l'orge, 1,6 p. 100 de parties constituantes qui n'ont pas été déterminées d'une manière précise. Or 91,7 + 1,6 = 93,3 ; et 87,6 + 1,6 = 89,2.

Quelle est la composition de ces 6,7 et de ces 10,8 dans le malt touraillé et dans le malt fortement touraillé ?

Ils doivent contenir du caramel et peut-être aussi de l'acide apoglucique : je les désignerai par suite sous le nom de *produits de torréfaction* (2).

Or le mode d'opérer que suivait Oudemans dans ses analyses, consistait à transformer en sucre au moyen de l'acide sulfurique étendu toutes les substances qui pouvaient être ainsi transformées en sucre et à les déterminer à cet état : les produits de torréfaction dont il vient d'être question, à l'exception d'une petite quantité de substance gommeuse, devaient donc avoir disparu. Ils ont en effet disparu dans le traitement par une dissolution étendue de potasse. Ils doivent donc être compris comme perte dans le résultat de l'analyse.

En outre, dans les 6,7 et les 10,8 de produits de torréfaction, une quantité qui ne s'élève pas à moins d'environ un et demi représente les produits de décomposition des substances albumineuses, ainsi que nous le verrons un peu plus loin.

(1) On ne doit pas considérer ce malt fortement touraillé comme étant du malt-couleur, mais comme étant du malt desséché au degré où il doit l'être pour la préparation de la bière qui est désignée sous le nom de *oud bruin-bier*.

(2) Voir Pyrodextrine (Gélis, *Journal de Pharmacie*, 1858, t. XXXIII, p. 405).

Si nous ramenons par le calcul les résultats à ce qu'ils seraient pour 100 parties de substance anhydre et si nous mettons en regard les analyses de l'orge et du malt d'orge desséché à l'air, nous obtiendrons :

	ORGE.	MALT D'ORGE.		
		Desséché à l'air.	Touraillé.	Fortement touraillé.
Produits de torréfaction.	0,0	0,0	7,8	14,0
Dextrine.....	5,6	8,0	6,6	10,2
Amidon.....	67,0	58,1	58,6	47,6
Sucre.....	0,0	0,5	0,7	0,9
Substances cellulaires...	9,6	14,4	10,8	11,5
Substances albumineuses	12,1	13,6	10,4	10,5
Matière grasse.....	2,6	2,2	2,4	2,6
Cendres.....	3,1	3,2	2,7	2,7
	100	100	100	100

En faisant la somme des parties constituantes non azotées, on obtient les résultats suivants :

	ORGE.	MALT D'ORGE.		
		Desséché à l'air.	Touraillé.	Fortement touraillé.
Produits de torréfaction.	0,0	0,0	7,8	14,0
Dextrine.....	5,6	8,0	6,6	10,2
Amidon.....	67,0	58,1	58,6	47,6
Sucre.....	0,0	0,5	0,7	0,9
Matières cellulaires.....	9,6	14,4	10,8	11,5
	82,2	81,0	81,5	84,2

Par l'examen de ces tableaux, nous voyons que :

1° La quantité de sucre augmente, mais dans une proportion très-faible. La dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, en admettant même qu'elle atteigne un degré élevé, ne présente donc aucune utilité au point de vue de la production du sucre.

2° La quantité de dextrine augmente par une forte dessiccation.

3° La quantité d'amidon diminue dans la même proportion.

4° Il se produit, surtout par une forte dessiccation, une quantité considérable de produits de torréfaction.

Dans les tableaux ci-dessus, le malt touraillé n'est pas entièrement comparable avec le malt desséché à l'air : ces

deux malts provenaient bien de la même brasserie : mais, dans le malt touraillé, la germination paraît avoir été poussée moins loin que dans le malt desséché à l'air. Si nous faisons abstraction de ce que, dans la germination du malt desséché à l'air, une moins grande quantité d'amidon a été transformée et de ce que, dans le malt touraillé, la germination a duré moins longtemps, nous voyons que le malt touraillé, c'est-à-dire faiblement touraillé, a déjà éprouvé une modification prononcée dans ses parties constituantes principales : en effet il contient presque 8 p. 100 de produits de torréfaction.

On obtient un résultat tout autre lorsqu'on compare le malt fortement touraillé avec le malt desséché à l'air. Dans le malt fortement touraillé, la quantité d'amidon a diminué, tandis que la dextrine, le sucre et la substance gommeuse ont augmenté.

Nous apprenons par là que la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle continue l'œuvre que la germination avait déjà légèrement ébauchée et qui consiste à opérer la transformation de l'amidon en dextrine, puis en sucre : dans cette opération, il ne se produit pas de la cellulose comme dans la germination : mais, dans la dessiccation, des produits de torréfaction prennent naissance.

En ce qui, dans la dessiccation du malt au moyen de la chaleur artificielle, est relatif à la question des cendres, nous n'avons aucune observation à faire, pas plus qu'en ce qui concerne la matière grasse ; par une forte dessiccation, il se produit des huiles pyrogénées solubles dans l'éther, en sorte que la quantité de la matière grasse paraît augmenter de 2,6 à 3,2 p. 100.

En ce qui concerne la proportion respective des substances albumineuses et des substances non azotées contenues dans le malt touraillé et dans le malt non touraillé, on arrive aux résultats suivants :

	ORGE.	MALT D'ORGE.		
		Desséché à l'air.	Touraillé.	Fortement touraillé.
Substances albumineuses	12,1	13,6	10,4	10,5
Les 4 subst. non azotées.	82,2	81,0	84,5	84,2
Substances albumineuses.	100,0	100,0	100,0	100,0
Les 4 subst. non azotées..	679,0	596,0	812,0	802,0

Si nous comparons le malt desséché à l'air avec le malt fortement touraillé, en laissant de côté le malt touraillé, nous observerons que, pendant la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, les substances albumineuses ont positivement subi une décomposition et que le rapport entre les matières albumineuses et les quatre substances non azotées ne reste pas le même que dans le malt desséché à l'air. On devait du reste s'attendre à ce résultat.

De ce que nous venons de dire, il résulte que tous les phénomènes qui, dans la préparation de la bière, proviennent originairement du malt touraillé, ont une force moindre et il est impossible de préparer avec du malt fortement touraillé une bière d'une fermentation très-vive qui soit par suite très-riche en alcool. Si, du reste, la quantité des matières albumineuses a diminué par la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle et si elles se sont transformées en partie en produits pyrogénés, le reste des matières albumineuses qui a échappé à la décomposition ne peut pas exercer le même degré d'action auquel elle pourrait atteindre en tout autre cas.

Jusqu'ici, je n'ai fait aucune mention de la quantité des substances solubles dans l'eau qui existe dans le grain, dans le malt desséché à l'air et dans le malt desséché au moyen de la chaleur artificielle, pas plus que des substances que l'alcool peut enlever aux grains et aux malts. Avant de nous occuper en particulier du traitement du malt par l'eau, il est nécessaire de diriger notre examen sur la quantité respective de parties solubles contenues dans le grain et dans le malt : nous pouvons renvoyer à cet effet aux résultats des expériences d'Oudemans qui sont contenues dans le tableau de la page 18.

Dans chaque opération que l'on fait subir au grain, dans le maltage comme dans la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, nous observons une augmentation de la quantité des substances solubles dans l'alcool et dans l'eau.

Extrait alcoolique fourni par 100 parties de grain et de malt.	Grain.	Malt desséché à l'air.
Orge	0,7	3,7
Froment	0,8	4,4
Seigle	1,2	5,2
Avoine	0,6	4,1

Extrait aqueux fourni par 100 parties de grain et de malt.	Grain.	Malt desséché à l'air.
Orge	7,0	11,0
Froment	6,8	17,0
Seigle	8,2	24,3
Avoine	7,9	11,0

Pour toutes ces espèces de grains, nous observons que la quantité des substances solubles est toujours plus forte dans le grain malté.

Cherchons à nous rendre compte de cette augmentation.

Différence entre l'extrait aqueux du malt desséché à l'air et l'extrait aqueux de grain.

Orge	11,0	—	7,0	= 4
Froment	17,0	—	6,8	= 10,2
Seigle	24,0	—	8,2	= 15,8
Avoine	11,0	—	7,9	= 3,1

Différence entre la somme du sucre, et de la dextrine du malt desséché à l'air et de la dextrine du grain (p. 118 et suivantes).

Orge	8,5	—	5,6	= 2,9
Froment	9,6	—	5,5	= 4,1
Seigle	16,6	—	6,2	= 10,4
Avoine	8,6	—	5,8	= 2,8

Nous obtenons ainsi les différences suivantes :

Orge	4	—	2,9	= 1,1
Froment	10,2	—	4,1	= 6,1
Seigle	15,8	—	10,4	= 5,4
Avoine	3,1	—	2,8	= 0,3

Comme on le voit, il est impossible de préparer, même à la température ordinaire, une infusion de malt sans qu'il s'opère une transformation d'amidon. Il y a, du reste, encore d'autres substances, les matières albumineuses ainsi que les combinaisons salines et d'autres substances dont il n'a pas été fait mention dans le résultat de l'analyse et qui, dans la préparation de l'extrait, ont pu se dissoudre dans l'eau.

Nous devons, en terminant, arrêter notre attention sur l'extrait aqueux de malt d'orge touraillé. Nous ne nous

sommes pas encore occupés des différences 6,7 et 10, 8 p. 100, qui entrent comme perte dans le résultat de l'analyse du malt touraillé et du malt fortement touraillé et que nous avons fait entrer en compte comme produits de torréfaction. Mais l'analyse présenterait incontestablement une lacune fâcheuse si l'on ne cherchait pas à déterminer par l'expérience la nature de ces substances.

Nous trouvons (dans le tableau de la page 18), pour les quantités respectives d'extrait aqueux, les nombres suivants :

	ORGE.	MALT D'ORGE.		
		Desséché à l'air.	Touraillé.	Fortement touraillé.
Extr. aqueux pour 100 part.	7,0	11,0	17,0	21,0

Si nous prenons le malt desséché à l'air comme point de départ, nous obtenons :

Pour le malt touraillé..... 17 — 11 = 6
Pour le malt fortement touraillé 21 — 11 = 10

Et nous arrivons ainsi à une concordance, aussi exacte qu'on peut l'obtenir en pareil sujet, avec les nombres 6,7 et 10, 8 qui ont été comptés comme perte dans la méthode d'analyse suivie par Oudemans et ce que l'on a trouvé dans les extraits de malt touraillé de plus que dans l'extrait de malt desséché à l'air.

Oudemans s'est encore ultérieurement assuré d'une autre manière de la différence que nous avons indiquée. Il a préparé à froid une infusion aqueuse de malt fortement touraillé, et il l'a divisée en deux parties. L'une a été évaporée jusqu'à siccité, desséchée, puis pesée ; l'autre a été chauffée avec de l'acide sulfurique et la quantité totale de substance susceptible d'être transformée en sucre a subi ainsi cette transformation. La quantité de ce sucre déterminée au moyen du réactif cuivrique a donné par le calcul une quantité de dextrine bien inférieure à la quantité d'extrait que l'autre moitié a donnée et qui s'accorde avec les résultats des expériences que nous avons indiquées : la quantité d'extrait s'élevait en effet à 22 p. 100, bien que l'on n'obtînt que 14 p. 100 de dextrine. Dans l'infusion aqueuse que donne à froid cette sorte de malt, il existe donc 8 p. 100 de matières qui ne

peuvent pas être transformées en sucre par l'acide sulfurique.

Par la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, et surtout par une forte dessiccation, la quantité des parties constituantes solubles du malt augmente donc sensiblement. Mais tous les produits qui prennent ainsi naissance, ne sont pas susceptibles de conduire à une production de sucre dans l'empâtage et à une production d'alcool dans la fermentation. La quantité qui s'est produite dans la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, est relativement peu considérable.

Il resterait à examiner de plus près quels sont les produits qui, avec la substance gommeuse, une trace de caramel (il n'existe en effet pas beaucoup de sucre dans le malt) et probablement aussi de l'acide apoglucique, se forment dans cette opération; il serait surtout bon de rechercher s'il se produit de l'assamare et d'examiner quel est le mode de décomposition des matières albumineuses. Je ne puis pas nier que je laisse ainsi une lacune regrettable, et je ne puis pas nier non plus que je ne connaisse aucune méthode qui permette de séparer avec une certitude suffisante les produits de décomposition dont il est ici question, d'autant plus que la plupart de ces substances ne nous sont qu'imparfaitement connues.

Je rappellerai, en terminant, au lecteur ce qui a été dit (p. 136) des produits de torréfaction. On a fait observer en cet endroit qu'une infusion de substance gommeuse provenant du malt par torréfaction, ne peut pas être entièrement transformée en sucre. Ce résultat s'harmonise très-bien avec ce que nous avons indiqué en dernier lieu et avec le résultat fourni par les expériences d'Oudemans. Il est du reste douteux que les produits de torréfaction puissent être comptés au nombre des parties constituantes nutritives de la bière. Dans mon opinion, cette question est encore indécise.

CHAPITRE VI.

EMPATAGE.

Nous avons rendu compte jusqu'ici de deux opérations principales par lesquelles le grain destiné à la préparation de la bière doit passer avant de pouvoir servir à cette préparation.

Une troisième opération dont le but principal est surtout de transformer en dextrine la masse de l'amidon qui n'a pas encore été modifiée et de transformer en sucre la dextrine qui a déjà été formée, mais en outre de dissoudre autant que possible dans l'eau toutes les parties constituantes qui y sont solubles, est celle que l'on a désignée sous le nom de *détrempage* ou *d'empâtage* (1).

Nous ne devons pas oublier de faire observer que le malt desséché soit qu'il ait été desséché à l'air, ou bien au moyen de la chaleur artificielle, doit être moulu ou écrasé, afin que toutes les parties du grain puissent être pénétrées, autant que possible, par l'eau, s'y disséminer et réagir les unes sur les autres pour arriver enfin à se dissoudre.

La manière d'opérer le broiement du malt et du grain non malté que l'on doit ultérieurement soumettre ensemble au traitement dans la cuve-matière, s'opère de différentes manières. Dans quelques localités, on écrase simplement le grain et on en sépare la partie corticale ainsi que la plus grande partie de la matière cellulaire : dans d'autres endroits, on transforme par la mouture le grain en une farine grossière,

(1) Le nom sous lequel on désigne cette opération, varie suivant les pays : en Hollande, elle porte le nom de *beslag maken* (empâtage) ou de *beslaan* (détrempage) : en Allemagne, on lui donne généralement le nom de *Meischen* (délayage, démêlage) : en Angleterre, celui de *mashing* (démêlage). En France, on la désigne généralement sous le nom de *macération* ou de *brassage*, d'où dérivent les expressions *brasseur*, *brasserie*, *brassin*, etc., et qui lui vient de la manière dont on l'exécute généralement encore dans un grand nombre de localités, c'est-à-dire à force de bras.

L'appareil dans lequel le brassage s'opère, est désigné suivant les pays : en Hollande, sous le nom de *beslag-kuip* : en Allemagne, sous le nom de *Meischbottich* ; en Angleterre, sous le nom de *mashing-tun* : et en France sous le nom de *cuve-matière*.

jamais en une farine très-fine. Dans ces derniers temps, on a proposé d'écraser le grain en le faisant passer entre deux cylindres. Cette méthode paraît présenter de grands avantages.

Le malt desséché se crève ainsi sur beaucoup de points et se détache de la partie corticale, en sorte que les particules qui le constituent deviennent plus accessibles à l'eau ; le grain reste cependant entier et ne se subdivise pas en particules qui surnageraient à la surface du liquide de la cuve-matière et rendraient nécessaire dans l'empâtage une filtration particulière qui augmenterait beaucoup la difficulté de l'opération, ou du moins serait cause que l'on obtiendrait dans cette opération une liqueur trouble au moyen de laquelle on préparerait une bière de qualité inférieure.

L'empâtage s'effectue dans des cuves de bois ou de fer. Ces dernières méritent la préférence en ce qu'elles peuvent être nettoyées plus facilement et plus rapidement : en effet on peut facilement détacher d'une surface métallique les matières qui la saliraient, tandis que des matières étrangères peuvent facilement adhérer à une surface ligneuse pénétrée d'humidité et ne peuvent en être détachées qu'avec difficulté.

Les cuves sont munies d'un faux-fond sur lequel on doit placer le malt. Dans les cuves en fer bien disposées, ce faux-fond est formé d'un certain nombre de pièces séparées, ce qui permet de les enlever avec facilité et de les nettoyer complétement.

Chacune des pièces contient des trous qui permettent, lorsque le malt est placé sur le faux-fond, de faire arriver par les trous de l'eau qui se trouve en contact avec le malt et qui, après l'avoir épuisé, peut s'en séparer.

Les cuves doivent en outre être disposées de telle manière que l'eau y pénètre par l'espace intermédiaire entre les deux fonds et par conséquent par en bas et que l'orifice par lequel le moût sort de la cuve se trouve également à la partie inférieure de cette dernière.

En ce qui concerne les machines, les moyens que l'on emploie pour opérer le *débattage* de la masse dans la cuve-matière et tout ce qui n'a pas de rapport ultérieur avec l'action chimique, je crois pouvoir les passer sous silence.

L'empâtage doit être effectué dans une cuve spacieuse dans laquelle on fait arriver de l'eau et dans laquelle on introduit

les substances qui doivent concourir avec cette eau à la préparation de la bière.

Nous devons d'abord arrêter notre attention sur les différentes substances qui, dans l'empâtage, concourent à la préparation de la bière.

Le mode d'opérer le plus ordinaire consiste à mettre en contact avec de l'eau chaude le malt préalablement moulu. Or la matière que l'on mélange avec de l'eau, peut être ou du malt d'orge seul, ou du malt d'orge et d'autres espèces de malts, du malt de froment par exemple.

Ou bien elle peut être formée de malt d'orge et d'autres espèces de grains moulus, mais non maltés, de froment par exemple.

Quelquefois aussi, elle peut être composée de malt d'orge ou de malts d'autres espèces de grains, et de fécule de pommes de terre, de farines de riz et de maïs.

Je crois pouvoir m'abstenir de m'arrêter sur l'emploi du riz, ainsi que sur celui du maïs (1) concurremment avec du grain malté : en ce qui concerne la fécule de pommes de terre, j'en parlerai plus tard.

Nous devons donc nous arrêter plus longtemps sur les trois modes de brassage que l'on doit suivre, suivant que l'on emploie l'une des sortes de matières que nous venons d'indiquer : 1° le malt d'orge seul 2° le malt d'orge avec le malt des autres espèces de grains ; 3° le malt d'orge avec les autres grains non maltés. Ces trois modes de brassage qui sont usités aussi bien en Hollande qu'ailleurs, donnent nécessairement des bières très-diverses, et leur diversité augmente encore par la différence de quantité des substances que l'on mélange et surtout par la différence d'espèce du grain employé, froment ou autres.

On peut se faire une idée générale de l'ensemble de l'opération, en ce qui a rapport aux substances que l'on soumet à l'empâtage, c'est-à-dire au traitement du grain moulu par l'eau chaude : en effet, dans l'orge maltée, il existe une quan-

(1) L'emploi du maïs ne paraît pas toutefois devoir être rejeté. En effet, Habich (*Taschenbuch der Chemie des Bieres*, p. 26) dit avoir obtenu, dans la brasserie qu'il a établi aux environs de Boston (États-Unis d'Amérique), une bière de très-bonne qualité avec une addition d'une quantité considérable de farine de maïs.

tité considérable d'agent de transformation de l'amidon qui peut se dissoudre dans l'eau tiède. L'agent de transformation de l'amidon peut réagir sur l'amidon qui reste encore dans le malt d'orge et le transformer en dextrine, puis en sucre. Mais l'agent de transformation peut aussi réagir sur de l'amidon provenant d'une autre source, du froment ou du seigle, du riz, du maïs, ou même des pommes de terre, et faire subir à cet amidon la même transformation.

Il est seulement important ici de savoir s'il est resté dans le malt d'orge une quantité d'agent de transformation suffisante pour pouvoir opérer encore la transformation d'une grande quantité d'amidon et, d'autre part, si l'on veut obtenir une infusion qui contienne beaucoup de dextrine ou beaucoup de sucre. Dans ce dernier cas, lorsque par conséquent on veut obtenir une bière corsée, épaisse, on doit employer un mélange de malt d'orge avec du grain non malté, avec du froment par exemple, préalablement écrasé. Si l'on veut obtenir une bière riche en alcool, on emploie seulement du malt, soit seul, soit mélangé avec du malt de froment.

Dans le malt de froment, il existe, de même que dans le malt d'orge, une certaine quantité d'agent de transformation : dans la transformation de l'un aussi bien que dans la transformation de l'autre en malt, l'amidon est transformé en dextrine et une partie de cette dextrine est transformée en sucre. — Si, donc, on traite simplement du malt (provenant d'une espèce de grain quelconque) par de l'eau chaude, il est évident que, puisqu'il y a déjà une certaine quantité d'amidon qui a été transformée en dextrine, puis en sucre, la grande quantité d'agent de transformation qui existe dans le malt devra transformer d'abord facilement en dextrine la grande quantité d'amidon qui y existe encore, mais qu'elle devra aussi transformer la dextrine en sucre, en sorte que l'on obtiendra ainsi un liquide limpide, très-riche en sucre, qui pourra ultérieurement donner par la fermentation une boisson très-riche en alcool. Cet agent de transformation transforme donc l'amidon en dextrine, et l'excès de cet agent transforme ensuite la dextrine en sucre.

Du reste, pour qu'il se produise de la dextrine aux dépens de l'amidon, une certaine quantité d'agent de transformation est nécessaire, mais, après qu'il a été employé à cet usage,

cet agent de transformation n'est plus en état d'effectuer la transformation de la dextrine en sucre.

Si donc, dans le brassage, on n'emploie pas seulement du grain malté, mais si l'on y ajoute du grain non malté préalablement moulu, si, par exemple, on emploie du malt d'orge avec de l'orge non maltée, avec du froment non malté, etc., etc., et même avec de la fécule de pommes de terre, la totalité de l'agent de transformation contenue dans le malt d'orge doit d'abord servir à transformer en dextrine tout l'amidon, tant celui contenu dans le malt d'orge que celui contenu dans le grain non malté que l'on a ajouté. C'est seulement ensuite que la dextrine peut être transformée en sucre.

Il résulte de l'aperçu que nous venons de donner de l'ensemble de l'opération que la qualité de la bière dépend encore de la nature et de la quantité des matières que l'on traite par l'eau tiède dans la cuve-matière, en sorte que, relativement à la quantité, on peut obtenir une bière corsée, épaisse, en employant une petite quantité de malt, concurremment avec une grande quantité de grain non malté, tandis que l'on obtiendra une bière forte, alcoolique, mais cependant bien limpide, en se servant seulement de grain malté.

Nous devons encore faire une observation générale en ce qui concerne la substance qui entretiendra plus tard la fermentation. Dans le grain malté, une partie de la substance qui engendre la levûre et qui entretiendra plus tard la fermentation, a été transformée en agent de transformation de l'amidon qui, par suite, ou bien a rempli sa fonction ou du moins n'est plus, dans aucun cas, en état de déterminer la fermentation. Dans la dessiccation, surtout lorsqu'elle a été opérée à une température élevée, la matière albumineuse qui n'a pas été transformée en agent de transformation, a vu diminuer sa faculté de déterminer et d'entretenir la fermentation et l'a même en partie perdue. Un pareil malt doit donc, lorsqu'on le traite par l'eau, donner une liqueur très-douce à laquelle il faut ajouter beaucoup de levûre pour en déterminer la fermentation, mais qui ne produit qu'une quantité excessivement petite de levûre ou même n'en produit pas du tout. Si, à une pareille liqueur, on ajoute seulement une petite quantité de levûre, on doit s'attendre à obtenir une bière douce qui contient seulement une petite quantité d'alcool et de dextrine.

Si l'on mélange au contraire avec du malt d'orge du grain non malté, du froment par exemple, le traitement par l'eau tiède enlève au grain non malté les substances albumineuses solubles qui se dissolvent dans l'eau et peuvent ultérieurement donner naissance à une quantité considérable de levûre, dès que, par l'addition d'une petite quantité de levûre, la fermentation a commencé. La fermentation qui est, dans ce cas, plus active, donne, en présence d'une quantité suffisante de sucre, une bière plus riche en alcool.

Une pareille bière ne contiendra toujours qu'une petite quantité de sucre et ne présentera pas une saveur douce : de plus, par la première raison, elle contiendra beaucoup de dextrine et, par la dernière, elle sera très-alcoolique.

Tout dépend cependant ici, non-seulement de la quantité d'eau employée et de beaucoup de circonstances de l'opération, mais aussi des quantités respectives de grain malté et de grain non malté que l'on a introduites simultanément dans la cuve-matière.

A ces observations générales, nous allons en ajouter d'autres qui se rattachent plus spécialement à l'opération même.

Le but de l'empâtage est de traiter par de l'eau chaude du grain malté, soit seul, soit mélangé, après l'avoir préalablement écrasé ou moulu, afin d'arriver à une dissolution des parties constituantes solubles dans l'eau, telles que le sucre, la dextrine, certaines combinaisons salines, l'agent de transformation de l'amidon, d'autres substances albumineuses solubles. On pourrait très-bien dans ce but employer de l'eau froide; mais on se sert d'eau chaude parce que, en employant cette dernière, la transformation de l'amidon s'effectue beaucoup plus rapidement.

L'expérience a démontré qu'une température de 70° à 75° était la plus avantageuse. L'amidon se transforme d'abord en empois, puis en dextrine, et cette dernière se transforme en sucre. Une température supérieure à 75° déterminerait bien, en présence d'une quantité suffisante d'agent de transformation, une production de dextrine au moyen de l'amidon, mais elle ne déterminerait aucune production de sucre.

La manière dont on soumet le malt et le grain à cette température, peut différer beaucoup.

Une différence générale vient de la quantité d'eau que l'on

ajoute en une seule fois. Dans quelques méthodes, on met en une seule fois en contact avec le malt dans la cuve-matière toute l'eau que l'on destine à la préparation de la bière ; dans d'autres méthodes, on ajoute cette eau en plusieurs fois. On opère surtout de cette dernière manière lorsqu'on emploie de l'eau dont on augmente graduellement la température.

Outre ces méthodes, nous citerons encore les méthodes suivantes :

On introduit dans la cuve de l'eau qui ait une température d'environ 80°, puis on y ajoute le malt et, s'il y a lieu, le grain, de manière que, après l'introduction de ces substances qui sont à la température de l'air ambiant, le tout soit précisément à une température de 75°.

Ou bien on met le malt dans la cuve et on fait arriver de l'eau chaude sur ce malt par la partie inférieure, par les ouvertures du faux-fond, jusqu'à ce que le tout atteigne une température de 75°.

Ou bien on agite le malt avec de l'eau froide ou tiède, puis on ajoute de l'eau bouillante jusqu'à ce que le tout ait atteint une température de 75°.

Ou bien on agite le malt avec de l'eau tiède et on fait arriver dans le liquide ainsi obtenu de la vapeur jusqu'à ce que la température atteigne 75° (1).

On comprend toutes ces méthodes sous la dénomination générale de *méthodes par infusion.*

Ou bien on termine l'œuvre commencée par l'une des méthodes que nous venons d'indiquer en faisant bouillir, soit une partie de la liqueur infusée seule (*métier, trempe claire;* en hollandais, *dun van het beslag;* en allemand, *Dünnmeisch*), soit une portion de la masse pâteuse (*fardeau, trempe épaisse;* en hollandais, *dik van het beslag;* en allemand, *Dickmeische*) que l'on ajoute ensuite dans la cuve-matière à une autre portion de la masse pâteuse qui a subi seulement le traitement par infusion.

Ces dernières méthodes ont reçu le nom de *méthodes par décoction.*

Ces différents modes d'opérer qui sont en usage, les uns dans un pays, les autres dans un autre, peuvent encore, dans

(1) Relativement à l'emploi de la vapeur dans l'empâtage, voir Habich (*Taschenbuch der Chemie des Bieres.* 1858, p. 38).

d'autres pays, être remplacés par d'autres méthodes qui soient différentes : elles donnent comme résultat un produit différent.

Quelle que soit la méthode suivie, on doit travailler avec soin la masse dans la cuve-matière, afin que la température se répartisse également dans toute la masse, et afin que la la dissolution et la transformation chimique s'y opèrent d'une manière aussi uniforme que possible.

Après avoir laissé le tout en contact pendant un espace de temps qui varie avec la méthode que l'on emploie, on fait écouler la liqueur, puis on y ajoute de nouveau de l'eau chaude, afin de dissoudre les substances encore aptes à la préparation de la bière qui étaient restées dans le malt après une première opération ; nous ferons d'abord remarquer que le marc qui reste après la première opération, est imprégné de la liqueur qui s'est écoulée et doit par conséquent retenir une certaine quantité des principes constituants de la bière : une petite quantité d'eau chaude peut enlever la liqueur dont le le marc est ainsi imprégné. Mais, par suite de l'abaissement de température qui a eu lieu pendant la première opération, l'action chimique qui a lieu dans cette opération, reste quelquefois incomplète. On fait par suite subir au résidu de la première opération un nouveau traitement par l'eau chaude, non pas tant pour dissoudre les principes utiles qu'une première opération n'avait pas enlevés que plutôt pour déterminer la continuation de l'action chimique pendant une période de temps plus prolongée.

Après avoir travaillé la masse pendant quelque temps, on laisse écouler la deuxième liqueur, et, quelquefois, on soumet une troisième fois le résidu au traitement par une nouvelle quantité d'eau chaude. Après le troisième traitement, le résidu est, dans la plupart des cas, tellement épuisé qu'un traitement ultérieur ne présenterait plus aucun avantage (1). On mélange les différentes infusions, ou bien on

(1) Dans le but d'extraire du résidu des trempes l'amidon qui y est resté (dont la présence est la cause pour laquelle, entre autres, on emploie avec avantage ce résidu pour la nourriture des bestiaux) et de le transformer en dextrine, puis en sucre, Piesse (*Phil. Mag.*, t. XXI, p. 317) conseille de mettre de côté une portion du malt, $^1/_{30}$ par exemple. — Lorsqu'on effectue la deuxième trempe, on y ajoute la portion de malt que l'on a ainsi mise de côté. L'agent de transformation de l'amidon qu'elle contient, peut alors agir sur l'amidon que contient le résidu et lui faire subir la transformation indiquée.

travaille à part la deuxième et la troisième pour en faire de la petite bière.

Nous allons maintenant examiner en détail quelques méthodes et surtout celles que l'on suit le plus généralement en Angleterre, en France, en Autriche et en Hollande. On verse dans la cuve-matière de l'eau qui soit à une température de 40° à 60°, suivant la température de l'air ambiant. On y introduit ensuite le malt que l'on agite avec l'eau rapidement et avec beaucoup de soin, de manière à en former une bouillie, puis on laisse le tout en contact pendant une demi-heure. On verse alors de l'eau chaude dans la cuve, de manière que la température s'élève à 60° ou 70°, puis on brasse fortement le tout. Le premier traitement (*trempe préparatoire*) a pour but d'arriver à ce que le malt soit bien pénétré par l'eau : le second a pour but d'obtenir la température à laquelle l'action chimique désirée s'effectue le mieux. Peut-être paraîtrait-il désirable d'employer plus de temps que cela n'est réellement possible : l'amidon doit passer d'abord à l'état de dextrine, et cette dextrine à l'état de sucre. Un contact plus prolongé paraîtrait devoir permettre d'obtenir une transformation plus complète de la dextrine en sucre ; mais le mélange a beaucoup de tendance à devenir acide. Par un contact prolongé, le sucre déjà formé se transformerait en acide lactique et le brassin serait perdu. On sait avec quelle rapidité la caséine contenue dans le lait peut transformer à la température indiquée, non-seulement le sucre de lait, mais aussi le sucre de fruits en acide lactique. $C^{12}H^{14}O^{14} = 2C^6H^5O^5 + 4HO$. Surtout en été et particulièrement dans les temps d'orage, on a besoin de veiller à ce que, dans le brassin, il ne se produise pas une certaine quantité de cet acide. On conseille avec raison,

D'après Piesse, la totalité de l'agent de transformation se séparerait donc du malt dans la préparation de la première trempe, en laissant dans le résidu une quantité relativement plus considérable d'amidon. En outre, suivant lui, la puissance active de l'agent de transformation est plus ou moins amoindrie pendant la préparation de la première trempe par suite de la production de dextrine ou de sucre qui a eu lieu, ce qui est conforme à ce qui a lieu pour la levûre dont la puissance active est amoindrie par la production d'une grande quantité d'alcool.

Lorsque nous nous occuperons d'expliquer le mode de réaction chimique qui prend naissance dans cette opération, nous examinerons avec plus de détail si le conseil de Piesse est bon ou s'il ne l'est pas.

dans ce but, de recouvrir la cuve-matière dans laquelle se trouve le brassin, pendant qu'on ne le travaille pas. Le refroidissement peut aussi être retardé en couvrant la cuve-matière.

Ce n'est pas toujours sur le brassin même que l'on peut observer qu'il est passé depuis longtemps à cet état : en effet, le sucre qui s'est produit, peut masquer la présence de l'acide lactique qui s'est produit en même temps. Un pareil brassin porte avec lui un germe de détérioration qu'il transmettra à la bière qu'il servira à préparer ultérieurement. En effet l'acide lactique dissout facilement le gluten et les substances albumineuses en général, et sa production dans la cuve-matière peut devenir par conséquent un motif pour que, dans la bière, une certaine quantité d'acide acétique prenne naissance : en effet les substances albumineuses, dissoutes dans l'acide lactique, prédisposent à une formation d'acide acétique.

Après avoir ajouté de l'eau chaude, on laisse le tout pendant une heure dans la cuve, puis on soutire la liqueur. On traite une seconde fois le même malt de la même manière, en ayant soin que la température atteigne 75° et si, pour le premier et le second traitement, on n'a employé qu'une petite quantité d'eau, on soumet le résidu à un troisième traitement.

On peut mettre à part la liqueur obtenue dans chacune des opérations successives et préparer, au moyen de la première, une bière forte et, au moyen de la seconde, une bière légère, moins savoureuse, ou bien verser ensemble toutes les liqueurs dans la chaudière à brasser pour les faire bouillir et les évaporer. Mais, par une évaporation prolongée, la bière devient moins savoureuse et fait en outre une consommation assez forte de combustible. C'est par cette raison que l'on trouve préférable de supporter une perte provenant d'un épuisement incomplet du malt plutôt que d'obtenir, en ajoutant une grande quantité d'eau, une liqueur très-étendue qu'il faudrait concentrer fortement et soumettre dans ce but à une évaporation prolongée.

Dans la méthode par infusion, on ne doit surtout pas oublier qu'il est préférable d'opérer la première trempe à une température peu élevée, afin que le malt puisse être pénétré par l'eau. Un mélange intime du malt avec l'eau, une humectation uniforme du grain, est une condition essentielle : on peut obtenir immédiatement la température nécessaire par une addition d'eau chaude. Si l'on versait brusquement de

l'eau très-chaude, il s'effectuerait ainsi une production d'empois et de grumeaux, ce qui ne pourrait présenter que de l'inconvénient pour le fabricant.

Mais surtout, en se servant d'abord, dans la méthode par infusion, d'une eau qui soit à une température peu élevée, on donne à l'agent de transformation de l'amidon le temps de se développer et de transformer l'amidon successivement en amylo-dextrine, en dextrine, et enfin en sucre : ces transformations successives paraissent du reste suivre beaucoup mieux et beaucoup plus complétement leur cours lorsque la quantité de l'agent de transformation de l'amidon augmente peu à peu que lorsque la totalité de cet agent de transformation atteint tout d'un coup le degré le plus élevé d'activité chimique. On peut facilement s'en convaincre lorsqu'on considère que la production de la dextrine peut très-bien s'opérer à une température de 20° à 30°. — Si l'on remplit la cuve d'eau à une température de 35° et si l'on ajoute du malt préalablement amené à un certain degré de division, la température s'abaisse notablement puisque le malt est à la température de l'air ambiant.

C'est par le même motif qu'il est préférable de ne pas faire arriver d'eau bouillante dans la cuve-matière, mais d'y verser seulement de l'eau qui soit suffisamment chaude pour que la masse qui est dans la cuve atteigne le degré de chaleur voulu. C'est également par le même motif que, par la première addition d'eau chaude, on ne fait pas monter la température jusqu'à 75° qui est le degré auquel la production du sucre s'effectue avec le plus d'activité ; on la maintient au contraire plus basse pour qu'il se forme d'abord autant que possible de la dextrine : mais, après que l'on a soutiré la première infusion, soit dans une cuve, soit immédiatement dans la chaudière à brasser, on porte, par une nouvelle addition d'eau, la température jusqu'à 75°, et on maintient le tout ainsi jusqu'à ce que l'opération soit terminée, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il se soit formé une quantité de sucre aussi grande que possible.

La méthode par infusion que je viens de développer brièvement par un exemple, est pratiquée dans un très-grand nombre de localités. Je crois cependant devoir indiquer encore la méthode suivante au moyen de laquelle je sais pertinemment que l'on a obtenu dans une brasserie une bière de qualité su-

périeure. On introduit d'abord dans la cuve de l'eau à 35°; on fait le débattage avec beaucoup de soin; on laisse le tout en contact pendant quelque temps, afin que le malt soit bien pénétré par l'eau; puis on ajoute une quantité d'eau chaude assez peu considérable pour que six à sept traitements, effectués à une température de 75°, soient nécessaires pour épuiser le même malt. Pour éviter que, pendant la durée totale de l'opération qui est alors de douze heures, le malt ne devienne acide, on verse successivement chacune des infusions partielles dans une chaudière dans laquelle il se trouve du houblon, et on attend, pour faire bouillir ensemble les six ou sept infusions, que la dernière soit obtenue.

Sans me prononcer sur les avantages ou les inconvénients de cette méthode, je crois pouvoir considérer comme certain que la matière solide contenue dans la cuve-matière joue ici le rôle de filtre par rapport à la liqueur qui s'écoule et qui passe claire sans qu'il soit besoin d'en opérer ultérieurement la filtration, et, en outre que la drêche est, autant que j'en puis juger, aussi exempte d'amidon, c'est-à-dire aussi fortement épuisée, que possible.

Dans la méthode de brassage usitée en Bavière, on suit une marche toute différente : j'en donnerai deux exemples. On mélange le malt préalablement concassé avec une petite quantité d'eau à la température ordinaire et on laisse digérer le tout pendant une heure ; on ajoute ensuite une quantité d'eau chaude suffisante pour que le tout, après avoir été convenablement mélangé, présente une température de 40°. On transvase ensuite dans la chaudière à brasser le résidu solide et une portion de la liqueur, et on fait bouillir avec une petite quantité d'eau le tout que l'on verse ensuite de nouveau dans la cuve-matière et que l'on réunit ainsi à la première infusion : on brasse avec soin le contenu de la cuve qui se trouve ainsi porté à une température de 56°. On fait bouillir de nouveau le résidu solide dans la chaudière avec une petite quantité de la liqueur et on réunit de nouveau le tout dans la cuve à la liqueur dont la température s'élève maintenant à environ 75°. On brasse de nouveau le tout avec soin et on laisse reposer pendant une heure. On soutire la liqueur et on verse de l'eau chaude sur le résidu solide pour en séparer l'infusion concentrée de malt dont il est imprégné; on brasse le tout avec soin

et on ajoute encore une fois de l'eau chaude au résidu. — On obtient donc trois liqueurs : 1° Une liqueur que l'on obtient par infusion et par décoction ; 2° une première ablution du malt ; 3° une deuxième ablution du malt. Ces deux dernières, qui sont obtenues au moyen de la méthode ordinaire par infusion, enlèvent de plus au résidu la dextrine et le sucre nouvellement formés. Les trois liqueurs que l'on obtient par cette méthode, ne peuvent pas donner chacune séparément de la bière : en effet les deux dernières sont trop faibles. Après les avoir réunies toutes les trois dans la chaudière à brasser, on les y fait bouillir, et la bière se trouve ainsi toute préparée.

Pour la bonne bière, on emploie 100 livres de malt pour 750 livres d'eau.

Cette méthode, qui paraît différer entièrement de la méthode anglaise, s'appuie sur les faits suivants. L'eau froide détermine d'abord l'humectation du malt : par l'addition d'une certaine quantité d'eau bouillante et par l'élévation du tout à une température de 40°, l'agent de transformation de l'amidon passe dans la liqueur avec la dextrine et le sucre qui se sont formés. Lorsqu'on fait ensuite bouillir le malt en mettant de côté une portion de la liqueur, tout l'amidon est transformé en empois et, par suite de l'élévation de température, l'agent de transformation qui perd une grande partie de sa puissance active par l'action de la température de l'ébullition, ne transforme pas l'amidon en sucre, mais le transforme partiellement en dextrine. Lorsqu'on verse ensuite de nouveau dans la cuve-matière cette dissolution de dextrine et d'empois et lorsqu'on la réunit à l'agent de transformation qui s'y trouve, l'empois, qui est à une température de 75°, en présence de l'agent de transformation, est transformé en dextrine, et cette dernière est transformée en sucre.

Mais une certaine portion de l'agent de transformation dissous dans la liqueur passe de nouveau dans le résidu solide. Si, par suite, on le fait bouillir de nouveau, il se produit de nouveau de la dextrine. Cette ébullition enlève au malt une quantité d'amidon aussi grande que possible, en sorte que, après deux ébullitions successives, le malt peut être considéré comme suffisamment exempt d'amidon. Le liquide obtenu par la deuxième ébullition peut contenir encore de l'empois ou seulement de la dextrine : lorsque, par suite, on transvase le

liquide dans la cuve-matière, les deux substances sont ainsi mises en contact avec l'agent de transformation qui s'y trouve et doivent être transformées en sucre : on obtient donc ainsi un moût dans lequel presque tout l'amidon du malt qui a servi à le préparer est contenu à l'état de dextrine et de sucre.

Dans cette méthode, une forte proportion des substances albumineuses solubles passe par l'ébullition à l'état insoluble, en sorte qu'il est impossible que la fermentation de la totalité du moût, lorsque ce moût a été soumis encore une fois à l'ébullition, puisse jamais être très-vive : cette méthode de brassage est donc indubitablement susceptible de donner naissance à la fermentation par dépôt (en hollandais, *ondergisting* ; en allemand, *Untergährung*). Si cependant on ajoute au moût une quantité considérable de levûre superficielle (en hollandais, *bovengist* ; en allemand, *Oberhefe*), cette levûre superficielle peut y déterminer la fermentation avec levûre superficielle, (en hollandais, *bovengisting* ; en allemand, *Obergährung*).

La méthode suivante, que l'on emploie également en Bavière, peut en être considérée comme un second exemple. On laisse, afin qu'il s'humecte bien, le malt préalablement moulu pendant trois ou quatre heures en contact avec de l'eau froide, ce qui détermine déjà la formation d'une quantité plus ou moins grande de l'amylo-dextrine dont nous avons parlé (p. 140) : on ajoute ensuite de l'eau chaude de manière que le tout prenne une température de 30° à 38° à laquelle l'agent de transformation commence à réagir sur l'amidon, et on brasse bien le tout. On prend une quantité plus ou moins grande du mélange, environ un tiers ; on la fait bouillir pendant une heure dans la chaudière à brasser, puis on la verse de nouveau dans la cuve-matière. Par l'ébullition d'une portion du mélange, l'agent de transformation qui s'y trouve est détruit et la matière albumineuse est coagulée, mais, d'autre part, l'amidon est transformé en empois. En ajoutant, pendant qu'elle est encore chaude, la portion qui a subi l'ébullition au reste du mélange, l'agent de transformation contenu dans ce dernier passe à l'état actif. En faisant bouillir une seconde fois une portion du mélange et en l'ajoutant ensuite à la portion qui est restée dans la cuve-matière, on arrive à ce que la température de la matière contenue dans la cuve atteigne 60° : on brasse alors le tout avec soin, puis on fait bouillir dans la chaudière à

brasser, sans y ajouter de résidu, une quantité de liqueur suffisante pour que, en la transvasant dans la cuve-matière, le contenu de cette cuve atteigne une température de 75°. Après avoir laissé reposer pendant une heure et demie le contenu de la cuve, on soutire la liqueur claire et on la transvase dans la chaudière à brasser pour l'y faire bouillir, soit seule, soit avec du houblon. Le grain qui a été ainsi traité, est soumis à une ablution avec de l'eau chaude, et la liqueur que l'on obtient ainsi, peut, ou bien servir à fabriquer de la petite bière, ou bien être ajoutée à la première infusion.

Pour 100 livres de malt, on emploie dans cette méthode environ 800 litres d'eau (1).

Dans la méthode belge enfin, on emploie, concurremment avec l'orge, d'autres grains, surtout du froment : on réduit par la mouture le malt et le grain en farine très-ténue ; on suit du reste la méthode par infusion, mais on fait bouillir une portion plus ou moins considérable de la première infusion, sans y ajouter de résidu : et, après l'avoir fait bouillir, on la verse de nouveau dans la cuve-matière, dans laquelle on agite bien le tout ensemble. Après avoir laissé reposer le tout pendant quelque temps dans la cuve-matière, on soutire la liqueur claire, on la transvase dans la chaudière à brasser et on la fait bouillir avec du houblon. — Ce que le résidu contient encore de parties constituantes utiles, en est séparé au moyen de la méthode ordinaire par infusion et les liqueurs que l'on obtient ainsi, servent dans la plupart des cas à la préparation d'une bière de qualité inférieure.

Dans cette méthode, une portion plus ou moins grande de l'agent de transformation est décomposée et on obtient par suite une bière qui est prédisposée à la fermentation par dépôt.

Dans la préparation de beaucoup de bières belges, le moût, immédiatement après qu'on l'a fait bouillir, n'est pas versé dans la cuve à fermenter (cuve-guilloire), mais il est transvasé dans des tonneaux dans lesquels il subit, sans qu'on y ajoute du ferment, une fermentation spontanée. Cette fermentation spontanée est une véritable fermentation par dépôt qui dure de 10 à 15 jours.

(1) Siemens, *in dem Supplemente von Prechtl's Encyclopædie, von Karmarsch*, l. c, p. 414.

Dans d'autres localités, on met tout ensemble dans la chaudière à brasser, malt, grain et liquide ; dans d'autres localités, on opère encore autrement.

L'emploi du grain non malté, et notamment du froment non malté, concurremment avec le malt d'orge, constitue une différence essentielle entre cette méthode et la méthode généralement suivie. Ce n'est pas ici le lieu de m'expliquer sur les avantages ou les inconvénients de cette addition au point de vue financier. Il s'agit seulement ici de savoir si on obtient une bière de bonne qualité : or la réponse ne peut pas être douteuse pour celui qui connaît les bières belges.

On peut très-bien employer le froment non malté et le malt d'orge par parties égales, et même dans le rapport de 3 à 2, pourvu que l'on ait soin d'employer du malt d'orge qui n'ait subi qu'une faible dessiccation à la touraille, tant est considérable la quantité d'agent de transformation qui existe dans le malt d'orge.

Pour le brassage d'un pareil mélange pour lequel on doit avoir soin de n'employer que du froment moulu très-fin, parce qu'il n'existe dans les grains de froment que de l'amidon, tandis que, dans le malt d'orge, l'amidon est déjà partiellement en voie de se transformer en dextrine, on doit commencer le débattage à une température peu élevée pour éviter qu'il se forme de l'empois : en effet, par la formation de l'empois, le tout formerait une masse agglutinée et il pourrait passer des grumeaux dans le brassin. La formation de l'empois ne doit cependant pas être rejetée entièrement : elle est même désirable : nous voulons seulement dire qu'on doit éviter la formation d'un empois qui ne se répartisse pas immédiatement dans toute la liqueur : s'il en était autrement, il se formerait des grumeaux dont la présence serait contraire à une bonne fabrication. — Cette observation s'applique du reste à toutes les méthodes de brassage.

Il est du ressort de la pratique, et non du nôtre, de pénétrer plus avant dans les particularités que présentent les différentes méthodes d'empâtage : ceux de nos lecteurs qui voudraient en faire une étude plus approfondie, peuvent consulter avec avantage les ouvrages spéciaux de Siemens, de Balling, de Lacambre, de Müller, de Thomson. Nous croyons cependant nécessaire d'appeler encore ici l'attention sur quelques points

essentiels qui ont besoin, pour être élucidés, d'un examen tout spécial (1).

Pourquoi cette variété si grande de méthodes de brassage, variété que l'on peut considérer comme étant sans limites lorsqu'on remarque que chaque méthode peut devenir une méthode différente, lorsque la quantité des matériaux que l'on soumet ainsi à une opération déterminée, est modifiée ? A cette question, on peut répondre, non-seulement que chaque brasseur considère sa méthode comme étant le *nec plus ultra* d'une bonne fabrication, mais en outre que le consommateur est habitué à l'usage de la bière fabriquée par cette méthode.

Je pense qu'il n'est pas besoin de faire observer que c'est précisément dans ce que nous avons indiqué que se trouve la cause principale des différences de propriétés de la bière : en effet le malt peut être épuisé, soit par infusion, soit par décoction : une partie de ce malt peut être traitée par infusion, l'autre par décoction : on peut faire bouillir la liqueur avec le résidu, ou la faire bouillir seule : on peut traiter, par infusion ou par décoction, des portions variables de matières : les matières peuvent rester plus ou moins longtemps en contact : les matières peuvent être soumises, tant au commencement que pendant la durée de l'opération, à des températures différentes : on peut ajouter aux matières qui doivent servir à la préparation de la bière toute l'eau en une seule fois, ou en plusieurs fois. Ces différents modes d'opérer sont des sources indéfinies de différence dans la qualité du produit.

Ce serait une question qui n'aurait aucun sens que celle dans laquelle on demanderait quelle méthode est la meilleure. La meilleure méthode est assurément celle qui satisfait le plus complétement le goût des consommateurs : elle peut donc varier avec le goût des consommateurs.

Mais on peut émettre une opinion sur les questions suivantes.

Quelle est la méthode par laquelle on enlève du malt la portion la plus considérable des parties constituantes utiles, et par

(1) En ce qui concerne la séparation de la quantité d'infusion de malt que retient la drêche, on trouvera des renseignements utiles dans l'ouvrage de Habich (*Der Bierbrauer*, 1859, p. 8, n. 1.)

laquelle il en reste par conséquent le moins dans la drêche?

Ou bien quelle est la méthode par laquelle on obtient le moût qui présente la saveur la plus douce, le moût qui contient le plus de sucre?

Ou bien quelle est la méthode par laquelle on obtient le moût le plus épais, le plus riche en dextrine, qui, par la fermentation, donne une bière qui ne soit pas très-alcoolique, mais qui soit très-nourrissante?

Ou bien quelle est la méthode au moyen de laquelle on obtient une liqueur qui, après la fermentation, contienne une quantité considérable de dextrine et de sucre, et qui soit en même temps très-alcoolique?

Ou bien par quelle méthode obtient-on la bière qui peut se conserver le plus longtemps?

On peut répondre à chacune de ces questions.

Dans la méthode par décoction dans laquelle on soumet à l'ébullition, soit la totalité, soit une partie du malt, on retire de ce malt la plus grande partie des parties constituantes utiles, ou du moins la plus grande quantité de l'amidon. Mais, en même temps, on coagule la matière albumineuse et on détruit l'agent de transformation. La méthode par décoction donne donc un moût dans lequel il existe seulement une petite quantité de sucre tandis qu'il s'y trouve une quantité considérable de dextrine, mais dans lequel il reste seulement une petite quantité d'agent de transformation de l'amidon et une petite quantité de matière albumineuse pouvant servir à la production de la levûre: ce moût doit donc donner par la fermentation une bière nourrissante, mais qui ne soit pas très-alcoolique et qui ne présente pas une saveur douce, sucrée. — La méthode par décoction donne donc une drêche qui contient peu d'amidon, mais qui est très-riche en matière albumineuse.

La méthode par infusion, lorsqu'on opère à une température qui n'est pas supérieure à 70° ou 75°, donne une drêche riche en amidon et un moût qui ne contient que peu de dextrine, tandis qu'il contient une grande quantité de sucre et donne, par suite, une bière fortement alcoolique.

La méthode par infusion, lorsqu'on opère à une température plus élevée, donne une bière qui, par ses propriétés, tient le milieu entre les deux précédentes.

Je ne crois pas qu'un examen plus approfondi de la question puisse l'élucider davantage : les explications que nous venons de donner, expliquent avec une clarté suffisante ce qui se passe.

A toutes ces causes de différence dans les propriétés du moût, vient s'en ajouter encore une autre : je veux parler ici de l'addition que l'on fait d'une certaine quantité d'orge non maltée, de froment non malté, de froment malté, ou d'autres grains à l'état malté ou à l'état non malté, ou bien encore de racines amylacées, ou même de fécule de pomme de terre que l'on mélange dans quelques localités avec le malt d'orge dans la préparation de la bière. — Au point de vue chimique, l'addition de ces matières ne nécessite aucune explication nouvelle, à part toutefois l'observation que, lorsqu'on ajoute ainsi au malt d'orge des matières comme l'orge non germée, le froment non germé, la fécule de pomme de terre, etc., etc., qui ne contiennent pas d'agent de transformation, la méthode par infusion peut seule être employée pour brasser de pareils mélanges et que l'on doit se servir, dans ce cas, de malt desséché à l'air ou de malt faiblement touraillé. Par l'ébullition, l'agent de transformation est détruit : une forte dessiccation produit le même effet. Or il est nécessaire que le malt d'orge contienne une quantité considérable d'agent de transformation, afin que cet agent puisse déterminer la transformation en dextrine et en sucre, de l'amidon contenu dans les substances amylacées que l'on a ajoutées.

En ce qui concerne les règles pratiques qui ressortent d'une manière suffisamment claire des explications que nous venons de donner, nous croyons devoir faire les observations suivantes :

La meilleure manière d'opérer est celle qui consiste à mettre l'eau dans la cuve-matière et à y introduire ainsi le malt, parce que, en agitant le tout avec soin, on peut éviter entièrement qu'il se forme des grumeaux et parce que, en outre, l'agent de transformation se dissout immédiatement dans l'eau et peut ainsi exercer de tous les côtés à la fois son action sur l'amidon.

La température du mélange contenu dans la cuve-matière ne doit s'élever que lentement et graduellement, afin qu'il s'opère d'abord une dissolution de la dextrine et que l'agent de

transformation qui détermine déjà très-vivement à 50° la transformation de l'amidon en sucre, puisse avoir occasion d'exercer son action sur l'amidon, si facile à transformer, qui est contenu à la surface des grains de malt préalablement écrasés : ce n'est que lorsqu'il s'agit d'opérer la transformation de l'amidon qui se trouve renfermé à l'intérieur des cellules des grains de malt que l'on expose le grain de malt à une température plus élevée, à la température de 70 à 75°, à laquelle la transformation du sucre en amidon s'opère avec le plus de force.

Pour obtenir un moût très-riche en sucre, on doit laisser séjourner le mélange pendant une durée de temps aussi prolongée qu'on le peut sans que cela présente aucun inconvénient : en effet l'amidon passe d'abord à l'état de dextrine et se transforme seulement ensuite en sucre, et, pour que ce dernier puisse prendre naissance, un temps assez long est nécessaire. Lorsque, au contraire, on veut obtenir un moût qui ne soit pas très-riche en sucre et qui, par suite, donne par la fermentation une bière qui ne soit pas très-alcoolique, la durée de l'empâtage ne doit pas être très-longue et la transformation de l'amidon doit se restreindre surtout à une production de dextrine.

Lorsqu'on veut obtenir par l'empâtage un moût riche en dextrine, on doit exposer rapidement le mélange à une température élevée au moyen de laquelle l'amidon du malt qui doit avoir été ici préalablement moulu en farine ténue, passe à l'état d'empois et se transforme bientôt en dextrine. Cette formation d'empois a lieu dans l'empâtage lorsqu'on l'opère à une température élevée : dans ce cas, on observe déjà la formation d'empois dans la cuve-matière : le liquide qui était limpide, s'épaissit, mais, dans la suite de l'opération, il redevient liquide. Plus on arrête promptement l'empâtage, plus la liqueur qui en résulte contient de la dextrine ; plus on prolonge au contraire le contact, plus est grande la quantité de sucre qui se forme.

Dans la méthode par infusion, on doit, immédiatement après que l'on a soutiré la première infusion, ajouter de l'eau pour préparer la seconde et, immédiatement après la deuxième, préparer la troisième afin d'éviter que le résidu se trouve en contact avec l'air, parce que le sucre qui y existe pourrait subir

un commencement de transformation en acide lactique qui serait transmis à l'infusion suivante.

Ces particularités ne concernent que la méthode par infusion. Relativement à la méthode par décoction, on peut encore faire les observations suivantes.

La décoction d'une partie de l'infusion du malt qui doit servir bientôt à un nouveau traitement par infusion, détermine la destruction de l'agent de transformation, en sorte que l'on doit obtenir ainsi une liqueur dont la fermentation soit moins vive. Par la même raison, la bière qui en résulte, doit être prédisposée à la fermentation par dépôt, du moins lorsqu'on a fait bouillir une grande quantité d'infusion de malt pour la faire servir à un nouveau traitement par infusion.

L'ébullition du résidu même exerce une action de la même nature ; mais, dans ce dernier cas, l'amidon est dissous plus complétement, ou du moins il est transformé en empois, ce qui facilite beaucoup sa transformation en dextrine et en sucre : une conséquence de cette ébullition du résidu est donc que, par suite de cette transformation de l'amidon en empois, il n'est pas besoin d'une quantité aussi considérable de l'agent de transformation pour arriver au but de l'opération.

Pour connaître la quantité de bière d'une force déterminée que peut donner un malt, on considère comme nécessaire de savoir quelle est la quantité de substances solubles contenue dans le malt et on fait pour cela une expérience en petit. Dans le malt qui a été desséché, soit par l'action d'un courant d'air, soit par la chaleur artificielle, et que l'on a ensuite laissé exposé à l'air, on peut admettre de 8 à 15 pour 100 d'eau. Admettons 10 pour 100. Un pareil malt, traité par l'eau chaude, donne de 25 à 37 pour 100 de substances insolubles, Les substances solubles s'y élèvent donc à une quantité de 65 à 53 pour 100. — Admettons 60 pour 100.

Pour donner une infusion qui fournisse 10 pour 100 d'extrait, il faut nécessairement employer 540 parties d'eau pour 100 parties de malt. Ces 540 parties d'eau forment avec 60 parties d'extrait retiré du malt 600 parties d'une liqueur à 10 pour 100 d'extrait. En d'autres termes : Veut-on une infusion de malt à 10 pour 100 d'extrait, il faut, pour 100 parties de malt, employer 540 parties d'eau. Dans ce

chiffre, on ne comprend cependant pas l'eau qui reste dans la drêche. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

Pour que les résultats obtenus de cette manière puissent avoir quelque valeur, il faut que, dans la préparation de l'extrait de malt provenant d'une portion de malt, on opère tout à fait de la même manière que l'on devra opérer sur toute la masse lorsqu'on s'en servira pour la préparation de la bière. C'est seulement en opérant ainsi que l'on pourra émettre une appréciation du résultat que donnera la masse totale : mais même alors cette appréciation sera défectueuse : en effet ce n'est pas seulement la quantité, mais c'est aussi la qualité de l'extrait qui peut permettre d'apprécier la valeur d'un pareil malt au point de vue de la fabrication de la bière.

C'est Balling qui a indiqué cette méthode, c'est-à-dire le traitement d'une petite quantité de malt par de l'eau à 75° comme pouvant servir à la préparation d'un extrait qui permette de juger de la qualité d'un malt. Lorsque la température du mélange est descendue à 17°, on détermine au moyen du saccharimètre la quantité de matières solubles qui y est contenue. Mais, en petit, on doit toujours obtenir un résultat inférieur à celui que l'on obtiendrait en grand : en effet, dans ce dernier cas, on est bien mieux en mesure de remplir les conditions précisément nécessaires pour que l'agent de transformation transforme l'amidon ou bien en dextrine et en sucre, ou bien principalement en sucre, suivant qu'on le désire dans le but de préparer des bières différentes. Il serait excessivement difficile d'obtenir exactement en petit des circonstances identiques avec celles qui se présentent lorsqu'on opère en grand, et cependant si cela n'est pas, les résultats ne sont pas comparables.

Je pense que les essais en petit ne peuvent donner qu'un résultat approximatif dont on ne peut pas tirer, relativement à ce qui arrivera lorsqu'on opérera en grand, les conséquences que l'on voudrait en tirer. Mais bien que ces essais ne donnent pas un résultat satisfaisant au point de vue scientifique, ils donnent cependant, au point de vue pratique, un résultat qui suffit généralement aux besoins de l'industrie.

Les substances utiles qui existaient originairement dans le grain, donnent, après de nombreux traitements par l'eau, un résidu qui ne fournit plus aucun principe utile au point de

vue de la préparation de la bière et que nous avons besoin de soumettre à un examen approfondi. Comme, par la germination et la dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, il avait commencé à se produire dans le grain une transformation chimique et comme cette transformation atteint son maximum dans l'empâtage, il est évident que le résidu du grain ne doit plus contenir, après tous ces traitements, une grande quantité de principes utiles. La connaissance de la quantité de matières utiles que ce résidu contient, présente une grande importance : en effet elle donne les moyens de déterminer la force plus ou moins grande de l'infusion de malt, d'apprécier la valeur de la méthode suivie, tant au point de vue pratique qu'au point de vue économique, d'apprécier la perte de parties constituantes utiles qui s'effectue dans le brassage et d'évaluer la valeur de la drêche, ou résidu du brassage du grain, comme aliment pour les bestiaux.

Dans le résidu que laisse le grain après l'empâtage, on doit distinguer deux substances : la drêche (*bostel*), qui constitue le résidu proprement dit, et une substance grise, pulvérulente, que l'infusion de malt laisse déposer dans les bacs dans lesquels on le transvase au sortir de la cuve-matière pour le laisser reposer, ou dans la cuve-matière même à la surface de la drêche. Cette poudre grise porte en général le nom de *moutdeeg* (en allemand, *Malzteig ;* boue de malt) ; dans le premier cas, on la désigne spécialement sous le nom de *onderdeeg* (en allemand, *Unterteig ;* boue se déposant en dessous), et, dans le second, sous le nom de *bovendeeg* (en allemand, *Oberteig ;* boue se rendant en dessus ; boue superficielle). — La quantité de cette boue n'est pas considérable et elle est généralement mélangée et employée avec la drêche.

Ce dépôt gris contient des débris des cellules du malt, des grains d'amidon, de l'albumine insoluble : d'après Knapp, la quantité de cette dernière peut s'élever à 24 et même 30 pour 100 (1). Schlossberger a analysé une boue superficielle recommandée par Essig comme pouvant servir pour fabriquer du pain, et il y a trouvé 78 pour 100 d'eau, de 4 à 7 pour 100 d'amidon, de 3,9 à 4,8 pour 100 d'azote et une quantité considérable d'acide phosphorique : si l'on admet la quantité

(1) *Loc. cit.*, p. 325.

d'azote contenue dans les substances albumineuses comme étant égale à 15,5, on obtient 25 à 31 pour 100 d'albumine (1).

Cette matière ne joue du reste aucun rôle particulier dans la préparation de la bière et comme on ne l'emploie en Hollande à aucun usage particulier, je n'examinerai pas séparément chacune des matières qui constituent le résidu insoluble qui reste après le brassage et qui est perdu pour la préparation de la bière. Mais je m'appliquerai de préférence à l'étude de leur ensemble.

Je dois d'abord faire une observation, c'est qu'il ne doit pas passer dans la chaudière à brasser la plus petite quantité, tant de ces substances que d'autres substances insolubles. La liqueur que l'on y met, doit être complétement claire.

Ritthausen (2) a fait une analyse du résidu que laisse ainsi le grain de malt après avoir été soumis à l'empâtage ; l'un *a* provenait de la fabrication d'une bonne bière de garde (en hollandais, *belegen bier ;* en allemand, *Lagerbier*), tandis que l'autre *b* provenait d'une fabrication de petite bière (en hollandais, *dun bier ;* en allemand, *Dünnbier.*)

Ce malt contenait 4,2 pour 100 d'eau (3). — Desséché à 110°, il présentait la composition suivante :

Fibre ligneuse	9,0
Substance albumineuse	9,0
Parties constituantes non azotées	79,2
Substances inorganiques	2,8

Ce malt, épuisé par l'empâtage, a laissé différentes sortes de drêche présentant la composition qui va suivre. Nous admettons en *a* une proportion d'eau de 71 à 78, et en *b* une proportion d'eau de 76 à 78 : cette eau était déterminée par la dessiccation à 110° (4).— Les drêches ainsi desséchées présentaient la composition suivante :

	a.				
Fibre ligneuse	27,1	25,6	34,6	29,2	29,1

(1) Dingler, *Polyt. Journal*, t. CIII, p. 375.
(2) *Erdmann's Journal*, t. LXVI, p. 312.
(3) Cette quantité me paraît trop faible. (Voir p. 18.)
(4) A cette température, ces substances ne peuvent pas perdre complétement l'eau qu'elles contiennent.

Substances albumineuses	16,9	22,7	19,3	18,9	19,4
Parties constituantes non azotées	51,6	46,3	43,3	46,8	46,4
Substances inorganiques	4,4	5,4	5,1	5,1	5,0

b.

Fibre ligneuse	29,7	24,6	29,0	27,8
Substances albumineuses	21,3	23,5	19,5	21,4
Parties constituantes non azotées	43,4	46,6	46,2	45,4
Substances inorganiques	5,5	5,3	5,3	5,4

Les drêches donnaient 5 pour 100 de cendres : le malt en contenait 2,78 pour 100. Les cendres présentaient, d'après Scheven, la composition suivante (1) :

	Malt.	Drêche.
Acide silicique	33,2	39,1
Acide phosphorique	36,5	35,4
Sesqui-oxyde de fer	0,8	—
Chaux	3,8	11,3
Magnésie	8,4	8,7
Potasse	17,3	4,4
Soude	—	1,1
Acide sulfurique	des traces.	—

Quelque importants que soient ces résultats, l'analyse n'a pas été poussée assez loin, pour qu'on puisse en tirer une conclusion positive.

Mayer (2) a analysé la drêche d'une bière d'été (en hollandais, *zomer bier* ; en allemand, *Sommerbier*) provenant d'une brasserie de Munich. La drêche contenait 74,7 pour 100 d'eau et avait été desséchée à 100°. Wolff (3) a analysé la drêche d'une bière de garde qui avait été brassée à l'établissement industriel d'Hohenheim. La quantité d'eau s'élevait à 77,6 pour 100.

	Mayer.	Wolff.
Matière cellulaire	12,1	27,4
Matière grasse	6,7	—
Parties constituantes non azotées	52,3	52,4
Parties constituantes azotées	24,7	14,1
Cendres	4,2	6,2

(1) *Erdmann's Journal*, t. LXVI, p. 316.
(2) *Wagner's Jahresbericht*, 1856, p. 231.
(3) *Id.*, 1856, p. 232.

Mayer a trouvé que la cendre de la drêche présentait la composition suivante :

Sesqui-oxyde de fer	4,4
Chaux	11,9
Magnésie	11,5
Soude	0,5
Potasse	3,9
Acide phosphorique	40,5
Acide sulfurique	1,5
Acide silicique	25,3
Chlore	des traces.

Les expériences de Oudemans dont les résultats ont été indiqués p. 18, nous serviront encore ici à nous guider. Nous ne devons pas oublier de faire remarquer que l'analyse que nous donnons ici et qui représente seulement les résultats fournis par la drêche d'une brasserie, ne peut être considérée que comme un exemple.

Composition de la drêche d'une brasserie où l'on opère par la méthode indiquée p. 218.

Drêche d'orge provenant d'un malt	touraillé,	plus fortement touraillé,	encore plus fortemt touraillé,	fortement touraillé.
Dextrine	0	0	0	0
Amidon	9,5	6,7	5,3	3,8
Sucre	0	0	0	0
Matières cellulaires	6,2	7,8	9,4	7,7
Substances albumineuses.	4,1	4,7	5,4	4,3
Matière grasse	0,4	0,3	0,4	0,3
Cendres	1,1	1,3	1,2	1,1
Eau	79,3	79,1	78,6	82,5
	100,6	99,9	100,3	99,7

Si nous ramenons par le calcul les résultats à ce qu'ils seraient pour 100 parties de drêche supposée anhydre, nous obtiendrons :

Drêche d'orge provenant d'un malt	touraillé,	plus fortement touraillé,	encore plus fortemt touraillé,	fortement touraillé.
Amidon	44,6	32,2	24,4	22,1
Matières cellulaires	29,1	37,5	43,3	44,8
Substances albumineuses.	19,2	22,6	25,0	25,0
Matière grasse	1,9	1,5	1,8	1,7
Cendres	5,2	6,2	5,5	6,4
	100	100	100	100

Ces résultats sont importants et nous apprennent ce que nous pouvions désirer savoir.

Le sucre et la dextrine ont disparu. Je ne m'arrêterai pas sur les résultats obtenus pour les cendres : j'y reviendrai lorsque je m'occuperai des substances inorganiques de la bière. La matière grasse paraît avoir peu diminué : en effet nous voyons qu'elle est encore en proportion presque aussi forte qu'elle se trouvait originairement dans le grain (2,1).

Ces résultats, tels qu'ils sont, ne sont cependant pas bien comparables, ni entre eux, ni avec ceux obtenus pour le grain qui a servi à préparer les malts. Pour obtenir un point de comparaison sérieux, nous devons prendre pour point de départ les matières cellulaires qui n'ont subi dans l'empâtage aucune modification. Prenons donc pour exemple la première drêche fournie par un malt touraillé et la dernière fournie par un malt fortement touraillé et comparons-les respectivement avec le malt touraillé, et le malt fortement touraillé (p. 197), en partant, pour un malt et une drêche de même ordre, d'une quantité de matières cellulaires identique.

	Malt d'orge touraillé.	Drêche de malt d'orge touraillé.
Produits de torréfaction	7,8	0
Dextrine	6,6	0
Amidon	58,6	16,6
Sucre	0,7	0
Matières cellulaires	10,8	10,8
Substances albumineuses	10,4	7,1
Matière grasse	2,4	0,7
Substances inorganiques	2,7	2,0
	100	37,2

	Malt d'orge fortem^t touraillé.	Drêche de malt fortem^t touraillé.
Produits de torréfaction	14,0	0
Dextrine	10,2	0
Amidon	47,6	5,7
Sucre	0,9	0
Matières cellulaires	11,5	11,5
Substances albumineuses	10,5	6,4
Matière grasse	2,6	0,4
Substances inorganiques	2,7	1,6
	100	25,6

De la comparaison du malt touraillé avec la drêche du malt

touraillé, il résulte qu'il reste encore 2/7 d'amidon dans le malt épuisé ; qu'il s'y trouve encore une quantité considérable de substances albumineuses et presque les 2/3 de ce qu'il y avait originairement dans le malt, en sorte que 1/3 seulement des matières albumineuses est passé dans le moût; que la quantité de la matière grasse et des substances inorganiques a diminué et qu'il en est passé par conséquent une certaine portion dans le moût. On ne doit du reste pas être étonné de la grande quantité de matières albumineuses contenue dans la drêche. La température de 75° à laquelle l'agent de transformation agit le plus puissamment, est déjà plus que suffisante pour déterminer la coagulation des substances albumineuses.

La comparaison du malt fortement desséché avec la drêche correspondante nous apprend que 1/8 de l'amidon seulement a échappé à l'empâtage, ce qui démontre jusqu'à l'évidence l'influence de la torréfaction sur la nature de la bière : elle nous apprend en outre qu'il est resté dans la drêche une quantité proportionnellement moindre de substance albumineuse représentée par les 4/7 de la quantité qui existait originairement dans le grain ; elle nous fait voir également que la quantité de matière grasse et de cendres a diminué et qu'il en est passé une certaine quantité dans le moût.

Dans les brasseries françaises, on admet, d'après Payen (1), une perte de 5 à 20 p. 100 d'amidon.

D'après les indications de Knapp (2), la drêche d'orge contient de 4 à 8 p. 100 d'amidon et de 6 à 7 p. 100 de substances albumineuses (3), tandis que, d'autre part, il s'y trouve 75 p. 100 d'eau. Ses résultats s'accordent donc avec les résultats des expériences d'Oudemans.

En ce qui concerne la quantité totale de substances utiles que l'eau, en se transformant en moût dans l'empâtage, dissout et soustrait ainsi au malt, il résulte des deux exemples que nous avons indiqués et qui provenaient d'une brasserie dans laquelle on fabrique la bière au moyen de la méthode par infusion, que, les substances étant supposées anhydres :

(1) *Chimie industrielle*, 4e édit., t. II, p. 316.

(2) *Loc. cit.*, p. 125.

(3) Knapp rectifie, p. 325 (*loc. cit.*), l'indication inexacte de 21 à 26 pour 100 de matières albumineuses dans la drêche qu'il avait donnée, p. 125.

100 parties de malt touraillé perdent, par l'action de l'eau dans l'empâtage, 100 — 37,2 = 62,8

100 parties de malt fortement touraillé abandonnent à l'eau 100 — 25,6 = 74,4.

Admettons en nombres ronds de 65 à 75.

Ces quantités sont à peu près celles que l'on obtient d'après Muspratt (1) en Angleterre. Il admet en effet 78,3 p. 100 de principes utiles dans le malt d'orge : d'après ses indications, pour un quarter ou 352 livres, il doit se dissoudre, dans le traitement par l'eau, 234 à 249 livres ; ce qui représente 66 à 71 p. 100. La différence n'est pas grande : mais chaque centième en moins ôte à la bière qui en résulte une certaine quantité des principes constituants du grain. Dans tous les cas, ces résultats nous apprennent que la différence qui existe entre les bières anglaises et les bières hollandaises, ne vient pas de la manière défectueuse dont on traite en Hollande le grain dans l'empâtage ; elle ne provient pas non plus des quantités relatives d'eau et de malt que l'on emploie.

Balling, en traitant 10 loths (2) de malt par 43 1/3 loths d'eau à 75°, a obtenu 50 loths de moût et 3 1/2 loths de drêche sèche. Essayés au moyen de son saccharimètre, ces 50 loths ont fourni 6 loths d'extraits : 100 parties de malt, traitées par l'eau, perdraient donc 60 parties de substances solubles. Ce résultat, qui est le résultat le moins élevé que l'on obtienne en Hollande, est cependant considéré par Balling comme satisfaisant ; il paraît problable qu'il ne s'applique qu'à du malt contenant de l'eau.

Knapp (3) admet, pour le malt desséché, une perte moyenne de 65 p. 100.

D'après Casartelli (4), un quarter ou 352 livres de malt fournit, par un premier traitement, 275,5 d'extrait, c'est-à-dire 78 p. 100, et il prétend en outre que le résidu de ce traitement contient encore une quantité de principes utiles assez forte pour qu'il soit convenable de le soumettre à un second traitement. Une quantité de 78 p. 100 est déjà bien élevée. Si, de 100

(1) Muspratt-Stohmann, *loc. cit.*, p. 578.

(2) La livre de Vienne (Autriche) de 32 loths présente une valeur égale à 0k,560 : la valeur du loth en grammes est donc de 17gr,50.

(3) *Loc. cit.*, p. 326.

(4) Muspratt, *loc. cit.*

parties de malt touraillé et de 100 parties de malt fortement touraillé (p. 196), nous retranchons la quantité d'eau et de matières cellulaires, c'est-à-dire, 11,1 + 9,4 = 20,5 et 8,2 + 10,6 = 18,8, que nous pouvons représenter en nombres ronds par 20 p. 100, la proportion de substances solubles la plus élevée que pourrait contenir le malt, serait de 100 — 20 = 80 ; mais il faudrait admettre pour cela que la cendre, la matière grasse et la totalité des substances albumineuses se sont entièrement dissoutes, ce qui n'est assurément pas exact. L'évaluation de Casartelli est donc beaucoup trop élevée. En admettant même que le malt fût entièrement sec, nous obtiendrions, en retranchant seulement la cellulose qui s'élève (p. 198) à 10,8 pour le malt touraillé et à 11,5 pour le malt fortement touraillé, une quantité de principes utiles égale à 89 et 88 p. 100, y compris la matière grasse et la cendre. Mais même alors l'évaluation à 78 p. 100 est encore trop élevée.

Il paraît douteux que, même en suivant le meilleur mode d'opérer, les principes utiles que l'on retire du malt, puissent s'élever à une quantité aussi considérable, lorsque, dans l'exemple que nous avons indiqué (p. 229), nous avons trouvé que la drêche sèche, provenant d'un malt fortement touraillé, contenait encore 5,7 p. 100 d'amidon et 6,4 p. 100 de matières albumineuses.

Si, pour les comparer, nous rapprochons les résultats obtenus par Ritthausen (p. 226) de ceux fournis par les expériences d'Oudemans, cette comparaison nous montrera que, dans la brasserie dans laquelle Ritthausen avait pris la drêche qu'il a analysée, il se perdait une forte proportion d'amidon, tandis que, dans la brasserie d'où provenait la drêche, analysée par Oudemans, qui avait été obtenue au moyen de la méthode par infusion, ainsi que nous l'avons indiqué (p. 213), on opérait beaucoup mieux. Si, dans cette comparaison, nous prenons pour point de départ les matières cellulaires considérées comme = 1, nous trouvons, pour les cinq sortes de drêche analysées par Ritthausen, la perte d'amidon représentée par

Drêche *a*.....	1,9	1,8	1,2	1,6	1,6	Moyenne	1,5
Drêche *b*.....	1,5	1,9	1,6	1,6		—	1,6

Quel résultat nous donne la drêche des expériences de Oudemans, en partant du même point de départ? Le malt tou-

raillé donne, pour la perte d'amidon, 1,5; celui qui a été plus fortement touraillé, donne 0,9; celui qui a été encore plus fortement touraillé, donne 0,6 et celui qui a été fortement touraillé, donne 0,5.

Au point de vue pratique, il serait nécessaire de savoir la quantité de la perte que donne chaque méthode d'empâtage : au point de vue chimique, les indications que nous avons données, suffisent parfaitement.

Quoi qu'il en soit, le meilleur brasseur est celui qui extrait du grain la plus grande quantité de parties constituantes utiles : en effet, la bière qu'il fabrique est la meilleure et la plus forte, et sa manière de travailler est la plus profitable. Il n'est pas besoin de faire remarquer que toutes les opérations que nous étudions successivement ici, concourent à ce but que l'empâtage est seulement une des phases de la fabrication de la bière.

On a recommandé maintes fois l'emploi, dans la panification, des principes utiles qui, dans la préparation de la bière, restent dans la drêche et constituent ainsi une perte. Récemment encore, Neu (1) a proposé de traiter la drêche par l'eau et d'agiter avec soin le tout : les matières albumineuses contenues dans la drêche restent ainsi en suspension dans l'eau et peuvent être séparées des parties corticales du grain de malt. On filtre la liqueur trouble ainsi obtenue. La liqueur filtrée passe claire et l'on trouve sur le filtre les matières albumineuses que l'on mélange avec de la farine de seigle pour en faire du pain.

En Hollande, ainsi que dans d'autres pays, on donne la drêche aux bestiaux. Les brasseurs devraient se la faire bien payer : en effet, c'est une substance essentiellement nutritive, bien qu'elle le paraisse peu. Quelle est en effet la matière nutritive, servant à l'alimentation des bestiaux, qui contient 4 à 5,5 pour 100 de substances albumineuses pour une proportion d'eau de 78 à 82 pour 100, et qui contient en outre de 4 à 9 pour 100 d'amidon ?

Jusqu'ici, je ne me suis presque pas occupé de la quantité d'eau par laquelle on doit traiter le malt pour obtenir une bonne bière. En général, moins la quantité d'eau employée

(1) *Polyt. Centralbl*, 1856, p. 190.

est considérable, plus la bière que l'on obtient est forte : cela n'a pas besoin de plus d'explication. La quantité d'eau la plus faible que l'on puisse employer, est celle à laquelle l'action chimique qui constitue essentiellement l'empâtage, peut encore avoir lieu sans être entravée en aucune manière. Si l'on ajoute au malt une trop grande quantité d'eau, cela détermine une trop grande dilution de l'agent de transformation et paralyse son action sur l'amidon qui existe encore dans le malt : si l'on n'ajoute pas assez d'eau, l'agent de transformation se trouve enveloppé d'une solution de dextrine trop épaisse pour qu'il puisse exercer son action d'une manière convenable.

Par ces raisons, la quantité d'eau à employer doit être comprise entre ces deux extrêmes : une quantité d'eau trop considérable et une quantité d'eau trop faible conduisent également à ce résultat que la drêche retient une quantité considérable de principes utiles.

Une forte proportion de l'eau employée reste dans la drêche. Balling admet que la drêche provenant de 100 livres de malt retient, dans certains cas, 120 et, dans d'autres, de 150 à 170 livres d'eau : or nous avons vu que 100 livres de malt desséché donnent 25 à 37 pour 100 de drêche. Combien devait-il se trouver d'eau dans cette drêche lorsqu'elle était humide? Les expériences d'Oudemans (p. 228) donnent 79-79-79-83 pour 100, ce qui fait, pour 1 livre de drêche sèche, 4 livres d'eau et pour 25 à 37 livres, de 100 à 148 livres d'eau, résultat qui concorde à peu près avec celui que Balling a obtenu par un autre procédé. Mais l'eau qui reste ainsi dans le malt, représente une perte égale d'infusion de malt qui reste dans la drêche si on n'opère pas le lavage de cette dernière. L'exactitude de notre observation est confirmée par ce qui a lieu généralement dans les substances organiques humides. Les substances cellulaires imprégnées d'humidité retiennent une quantité d'eau triple de leur poids ; mais les matières albumineuses imprégnées d'humidité et l'amidon transformé en empois en retiennent beaucoup plus.

C'est pour éviter cette perte que l'on est dans la nécessité d'épuiser encore plus d'une fois le résidu par l'eau : la quantité des parties constituantes utiles dissoutes dans la dernière infusion qui se perd ainsi, s'élève à la valeur indiquée précédem-

ment. Müller (1) dit positivement que c'est en traitant à deux reprises le résidu par une nouvelle quantité d'eau qu'il est possible d'arriver à enlever au malt l'infusion concentrée qu'il retient.

Une question nous reste encore à résoudre, celle de savoir quelle est la quantité de principes utiles qui ne s'est pas dissoute et qui est restée dans le résidu après le premier traitement par l'eau.

La quantité d'eau que l'on doit employer pour la préparation d'une bonne bière, peut être déterminée de la manière suivante. Si l'on admet que 1/12 de l'eau, en moyenne, se perd par l'ébullition de peu de durée à laquelle on soumet l'infusion, et par l'évaporation qui a lieu pendant le refroidissement, nous devons encore retrancher la quantité d'eau qui reste dans la drêche, pour obtenir la quantité de liquide qui se trouve dans l'infusion. Si, comme cela se fait en Hollande dans quelques localités, on brasse une bière en employant 700 livres d'eau pour 100 livres de malt dont la proportion d'eau s'élève à 1/10, il peut rester par exemple 30 livres de drêche sèche qui retiennent $30 \times 4 = 120$ livres d'eau : $700 - 120 = 580$; 1/12 des 700 livres d'eau s'évapore par une ébullition de peu de durée et par le refroidissement : 1/12 de $700 = 58$. Nous obtenons donc $580 - 58 = 522$ livres d'eau pour la bière dans lesquelles se sont dissoutes 60 parties de principes utiles dont une partie se transforme ultérieurement en alcool par la fermentation. Si l'on veut connaître la quantité d'extrait contenue dans le moût, on doit ajouter ensemble 580 et 60 : ce qui donne 640 dans lesquels il se trouve 60 parties d'extrait : c'est-à-dire 9,3 pour 100. Ces 9,3 pour 100 contiennent une quantité plus ou moins considérable de sucre qui est décomposée ultérieurement par la fermentation. Plus la quantité de sucre qui se décompose ainsi est considérable, plus la quantité d'extrait diminue par la transformation du moût en bière.

D'après Payen (2), on emploie dans les brasseries françaises les proportions suivantes de matières premières (3).

(1) *Handbuch der Bierbrauer*, p. 190.

(2) *Chimie industrielle*, 1859, 4e édit., t. II, p. 312.

(3) Nous admettons ici, pour simplifier, que le malt présente la même pesanteur spécifique que l'orge (100 litres d'orge pèsent 64 à 67 k.)

Pour 2000 kilogrammes de malt et 200 kilogrammes de sirop à 33° que l'on a épuisés successivement au moyen de 2500 litres d'eau à 60°, de 2500 litres d'eau à 90° et de 1200 litres d'eau à 100°, formant en tout 6200 litres, on obtient 6000 litres de bière double.

Dans un second traitement du même malt, on a employé 4000 litres d'eau à 100° qui ont donné 4000 litres de petite bière représentant 2000 litres de bière double. (La distinction que fait ici Payen, ne serait pas exacte pour tout autre pays que la France : en effet, dans les autres pays, entre la petite bière et la bière double vient se ranger la bonne bière ordinaire ; mais, en France, la loi du 27 avril 1816 qui régit la fabrication des bières, n'admettant que deux sortes de bières, la bière double ou bière forte et la petite bière, la bière ordinaire qui serait l'intermédiaire entre la bière forte et la petite bière, serait assujettie aux mêmes droits que la bière forte : aussi ne s'y fabrique-t-il réellement, conformément à l'indication de Payen, que deux espèces de bières, la bière double et la petite bière.)

En réunissant ensemble les résultats des deux opérations, nous voyons que 2000 kilogrammes de malt auxquels on a ajouté 200 kilogrammes de sirop, fournissent 6000 + 4000 = 10000 litres. La quantité de malt que l'on emploie, représente donc à elle seule 1/5 de la quantité de bière que l'on veut obtenir.

La proportion de malt que l'on emploie dans la fabrication des bières anglaises, est encore un peu plus élevée. Pour préparer 5000 à 6000 kilogrammes d'ale, on emploie 4000 kilogrammes de malt, et pour obtenir 5000 à 6000 kilogrammes de porter, on emploie 2100 kilogrammes de malt pâle, 1600 kilogrammes de malt ambré et 800 kilogrammes de malt brun, en tout 4500 kilogrammes de malt.

La quantité de malt que l'on emploie en Hollande, peut être déduite de la composition des bières que nous donnerons plus tard.

Mais, sous ce rapport, il existe de si grandes différences que la détermination de cette quantité ne peut présenter aucune utilité pour le bus que nous nous proposons. Je crois devoir seulement faire remarquer que, dans ces dernières années, on s'est efforcé d'arriver à n'avoir pas besoin de vapo-

riser par l'ébullition une quantité d'eau qui soit du moins considérable, dans le but de concentrer la liqueur, parce que cette évaporation occasionne une perte de combustible qui ne serait pas compensée par la production d'un effet utile.

En prenant pour point de départ les bières légères de consommation usuelle et en remontant jusqu'aux bières fortes de consommation usuelle, nous observons une pesanteur spécifique de la décoction, variant de 1,04 à 1,074, qui correspond à une proportion d'extrait de malt de 10 à 18 pour 100. Mais il existe des bières encore plus légères et des bières encore plus fortes. On admet que, pour une bonne bière légère, l'infusion de malt qui a été bouillie, doit présenter une pesanteur spécifique de 1,03 à 1,05 qui correspond à une quantité d'extrait variant de 8 à 12 pour 100. Pour les bières les meilleures, on trouve une pesanteur spécifique de 1,06 à 1,07, qui correspond à une quantité de 15 à 17 pour 100 d'extrait. Pour des bières plus fortes, on obtient une pesanteur spécifique plus élevée qui correspond par suite à une quantité d'extrait plus forte.

Nous pouvons, en partant de là, déterminer à peu près la nature de la bière que peut donner un moût déterminé, en faisant abstraction de la perte d'alcool qui a lieu par volatilisation dans la fermentation et en admettant, pour plus de simplicité, que le rapport de l'équivalent de sucre de fruits ($C^{12}H^{12}O^{12}$ = 2250) aux 2 équivalents d'alcool (= 1150) est de 2 : 1.

Si, en effet, un moût contient avant la fermentation 8 pour 100 d'extrait dans lesquels il se trouve 6 de sucre et si, sur les 6 de sucre, 5 viennent à fermenter, la bière qui en résultera, contiendra 3 pour 100 d'extrait et 2,5 pour 100 d'alcool : ce sera donc une bière légère et faiblement alcoolique.

Si, avant la fermentation, un moût contient 16 pour 100 d'extrait dans lesquels il se trouve 10 de sucre, et si, sur les 10 de sucre, 9 viennent à fermenter, ce moût fournira une bière qui contiendra 7 pour 100 d'extrait et 4,5 d'alcool : cette bière sera donc nourrissante et suffisamment alcoolique.

Si, avant la fermentation, un moût contient 16 pour 100 d'extrait dans lesquels il se trouve 13 de sucre, et si, sur ces 13 de sucre, 12 viennent à fermenter, la bière que l'on

obtiendra ainsi, contiendra 4 pour 100 d'extrait et 6 pour 100 d'alcool : cette bière sera donc forte et alcoolique.

Les indications que nous avons données sur les quantités respectives d'eau et de malt que l'on doit employer lorsqu'on veut obtenir une infusion de malt d'une force déterminée, s'appliquent également à l'infusion de malt bouillie et évaporée dont les brasseurs doivent connaître la concentration, c'est-à-dire la quantité d'extrait, pour pouvoir obtenir une bière d'une force déterminée. Prenons encore ici comme point de départ un malt qui donne 60 pour 100 d'extrait, et nous trouverons par exemple, pour le liquide bouilli et évaporé d'une pesanteur spécifique de 1,074, les résultats suivants : 18 : 100 :: 60 : x; d'où $x = 333$. Ce qui veut dire que, en traitant par l'eau 100 parties de malt et en faisant bouillir, puis évaporer la liqueur, etc., etc., jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 333 parties, on obtient un moût qui est composé de 273 d'eau et de 60 d'extrait de malt. La bière que l'on préparera au moyen de ce moût, sera donc une bière forte. Une infusion de malt qui, après avoir été bouillie et évaporée, présentera une pesanteur spécifique de 1,04, devra contenir 10 pour 100 d'extrait et par suite, pour 540 d'eau, 60 parties d'extrait de malt.

Les bières légères de consommation usuelle et les bières fortes de consommation usuelle sont représentées par ces deux extrêmes : nous voyons donc que 100 parties de malt doivent donner 600 parties de petite bière et 333 parties de bière forte.

Dans notre pensée, ces nombres ne sont du reste que l'expression générale des quantités respectives de malt et d'eau que l'on doit employer dans la préparation de la bière. Mais ils n'expriment que les quantités mêmes de malt et d'eau que l'on doit employer. Le malt peut contenir une quantité d'eau supérieure ou inférieure à 10 pour 100. D'autre part, le malt desséché et le malt touraillé ne fournissent pas la même quantité d'extrait. Par les différentes méthodes de brassage, on retire du malt des proportions plus ou moins grandes de principes solubles. Enfin, on doit de plus tenir compte tant de l'évaporation qui a lieu par l'ébullition que de l'évaporation qui a lieu pendant le refroidissement ultérieur de la liqueur : on en évalue la quantité à 1/12 de la quantité totale ; mais ce n'est qu'une estimation générale : sa va-

leur peut varier avec le mode de brassage que l'on emploie.

Les exemples indiqués suffisent cependant très-bien pour nous faire connaître approximativement les quantités relatives des substances que l'on doit employer : ils nous apprennent que 1 partie de malt fournit 6 parties de bière faible et 3 1/2 parties de bière très-bonne.

Dans le but de donner le moyen de connaître la quantité de matières extractives contenues dans un moût, Balling (1) a effectué la détermination du rapport qui existe entre la pesanteur spécifique de l'infusion de malt et la quantité d'extrait : dans cette détermination, dont j'ai du reste déjà parlé ailleurs(2), Balling prend pour point de départ la densité d'une dissolution de sucre qui, suivant lui, peut être considérée comme égale à celle d'une infusion de malt de même concentration : nous pouvons réellement admettre qu'il y a concordance, ou plutôt que les différences sont très-peu considérables. En effet la liqueur, lorsqu'elle sort de la cuve-matière ou de la chaudière à brasser, est une dissolution aqueuse de différentes matières parmi lesquelles vient se ranger au premier rang le sucre et qui, en outre, contient surtout de la dextrine : il s'y trouve de plus une certaine quantité de substances albumineuses, des sels inorganiques et, dans le second cas, une certaine proportion des principes du houblon. Le sucre et la dextrine sont les substances les plus importantes en poids : or lorsqu'on dissout dans l'eau des quantités égales de dextrine et de sucre, on obtient des dissolutions dont les pesanteurs spécifiques ne présentent que des différences insignifiantes.

On peut trouver un tableau détaillé dans l'endroit indiqué ; j'en extrais seulement les résultats suivants dont la détermination a eu lieu à 17°,7.

(1) *Gœhrungs Chemie*, t. I, fascicule I, tableau E.
(2) *De Wijn*, p. 240.

TABLEAU :

PESANTEUR SPÉCIFIQUE.	QUANTITÉ d'extrait de malt pour 100 de moût.	PESANTEUR SPÉCIFIQUE.	QUANTITÉ d'extrait de malt pour 100 de moût.	PESANTEUR SPÉCIFIQUE.	QUANTITÉ d'extrait de malt pour 100 de moût.
1,0040	1	1,0446	11	1,0877	21
1,0080	2	1,0488	12	1,0922	22
1,0120	3	1,0530	13	1,0967	23
1,0160	4	1,0572	14	1,1013	24
1,0200	5	1,0614	15	1,1059	25
1,0240	6	1,0657	16	1,1106	26
1,0281	7	1,0700	17	1,1153	27
1,0322	8	1,0744	18	1,1200	28
1,0363	9	1,0788	19	1,1247	29
1,0404	10	1,0832	20	1,1295	30

Graham, Hofmann et Redwood (1) ont fait, dans le but de déterminer le rapport entre la pesanteur spécifique du moût ou de la bière et les parties constituantes qu'ils contiennent, des expériences qui les ont conduits à des résultats importants. Il ressort de leurs expériences que l'hypothèse de Balling d'après laquelle des quantités égales d'extrait de bière et de sucre donnent des dissolutions de même pesanteur spécifique, se rapproche beaucoup de la vérité. Je crois devoir indiquer ici quelques-uns des faits que ces recherches nous ont fait connaître.

Lorsqu'on dissout dans l'eau du sucre de cannes et lorsqu'on y ajoute de la levûre, on observe que la liqueur qui n'a pas encore commencé à fermenter, augmente de pesanteur spécifique au moment où la transformation du sucre de cannes en sucre de raisins s'effectue.

Dans la transformation de la dextrine en sucre, la pesanteur spécifique de la liqueur diminue.

Cette diminution est encore plus notable lorsqu'il se produit une substance qui paraît être, dans tous les cas, le dernier degré de la transformation du sucre par la fermentation et qui ne paraît faire défaut dans aucune espèce de bière. (Je m'occuperai plus loin avec détail de cette substance.)

(1) *Jahresbericht von Liebig und Hermann Kopp*, 1852, p. 801.

Graham, Hofmann et Redwood ont trouvé pour la pesanteur spécifique des dissolutions les résultats suivants.

La première colonne représente la quantité de sucre de cannes contenue dans 1000 parties de dissolution : la seconde et les suivantes donnent la pesanteur spécifique des dissolutions qui contiennent des substances présentant toutes, non seulement une même quantité de carbone, mais en outre une quantité de carbone égale à celle du sucre qui est contenu dans la première colonne. La quantité de carbone se trouve dans la dernière colonne.

QUANTITÉ DE SUCRE contenu dans 1000 parties de dissolution.	SUCRE DE CANNES.	SUCRE D'AMIDON.	CARAMEL.	DEXTRINE.	MATIÈRE EXTRACTIVE après la fermentation.	MOUT OBTENU avec du malt pâle.	MOUT OBTENU avec du malt brun.	QUANTITÉ de carbone.
50	1020	1021	1017	1019	1018	1020	1020	21
100	1040	1042	1035	1038	1036	1041	1041	42
150	1062	1065	1052	1057	1054	1063	1063	63
200	1084	1088	1072	1068	1073	1086	1086	84
250	1107	1111	1091	1096		1109	1109	105

De ces expériences qui concordent assez bien avec le principe sur lequel repose la méthode de Balling, il ressort que, pour un même poids, le sucre d'amidon, en se dissolvant dans l'eau, donne une dissolution d'une pesanteur spécifique plus grande que le sucre de cannes, et la dextrine une dissolution d'une pesanteur spécifique moindre, et que, pour une certaine conformité dans le rapport des poids, ils donnent une dissolution présentant à peu près la même pesanteur spécifique que la dissolution obtenue au moyen du sucre de cannes seul. — Pour le moût, la méthode de Balling peut donc être considérée comme tout à fait convenable. Mais pour l'extrait de bière dont on a séparé l'alcool par la distillation et que l'on a ramené à son volume primitif par une addition d'eau, les diffé-

rences sont considérables. Il existe moins de compensation pour la dextrine qui détermine l'abaissement de la pesanteur spécifique ; en effet le sucre d'amidon diminue beaucoup par la fermentation. En outre, il se produit par la fermentation une matière extractive qui détermine une diminution notable de la pesanteur spécifique.

La conclusion générale des expériences indiquées est donc que, pour l'extrait de bière, la méthode saccharimétrique indique une quantité d'extrait plus forte que celle qui existe réellement : que, lorsque, dans le moût, il existe à peu près autant de sucre que de dextrine, comme cela arrive toujours dans les infusions peu riches en matières solides, la méthode saccharimétrique indique alors une quantité trop faible de matières solides (1).

Le passage du moût à l'aigre, cet écueil si sérieux du brassage, mérite sans contredit d'être examiné par nous au point de vue chimique avec quelque détail. Il peut se produire, soit pendant l'empâtage dans la cuve-matière, soit pendant le refroidissement dans les bacs refroidissoirs, soit pendant la fermentation dans la cuve-guilloire, ou bien enfin dans la liqueur fermentée. Dans le dernier cas, la production de l'acide

(1) La manière dont on doit opérer l'essai halimétrique lorsqu'on veut s'en servir pour apprécier la qualité d'une bière, est expliquée avec détail dans un grand nombre d'endroits et notamment dans le *Polyt. Centralblatt*, 1837, p. 33 ; la méthode optique de Steinheil se trouve également décrite dans le même recueil, 1844, p. 117, et 1846, p. 387. Je me contenterai de donner ces indications ; aucun sujet n'a été examiné avec plus de détail dans les journaux scientifiques depuis quelques années. — Dans le recueil que nous venons d'indiquer, on trouve citées en différents endroits des analyses de Kaiser et d'autres chimistes qui sont indiquées comme provenant du *Baierischen Kunst- und Gewerbe-Blatt*, et que je ne connais pas.

Si, dans ce traité, je ne m'arrête pas davantage sur la détermination de la force de l'extrait de malt de la bière, cela tient à ce que j'ai déjà traité cette question dans mon ouvrage sur le vin. On pourra du reste consulter sur ce sujet les ouvrages de Balling, de Müller et de Habich, etc., etc.

Relativement aux saccharimètres de Allen, de Bate, de Dring, de Fage et de Long, et relativement à l'influence de la température sur la pesanteur spécifique du moût, on peut consulter l'ouvrage anglais de Sheridan Muspratt : *Chemistry theoretical, practical and analytical as applied and relating to the arts and manufactures*, t. I, art. Bier, ou bien la traduction allemande du même ouvrage : Muspratt ; *Theoretische, praktische und analytische Chemie, in Anwendung auf Künste und Gewerbe*, von Stohmann und Gerding, 1854, t. I, art. Bier.

acétique a lieu aux dépens de l'alcool, et tout ce qui s'applique à la production du vinaigre de vin, du vinaigre de raisins et du vinaigre de bière, s'applique également au passage de la bière à l'aigre.

Mais les causes pour lesquelles le moût tourne à l'aigre dans la cuve-matière ou pour lesquelles la liqueur qui a déjà été soumise à l'ébullition, subit la même transformation dans les bacs refroidissoirs, sont au contraire tout autres. En effet ces liqueurs ne contiennent pas encore d'alcool : il ne peut donc pas s'y produire d'acide acétique par oxydation de l'alcool.

Un trop long séjour dans les cuves au contact de l'air et surtout la malpropreté des cuves qui peuvent retenir encore des traces de matières organiques provenant d'une opération antérieure et devenues acides, peuvent prédisposer la liqueur à cette transformation. L'agent transformateur de l'amidon agit directement sur le sucre contenu dans la liqueur et le fait passer à l'aigre, sans qu'il se soit formé préalablement de l'alcool (1).

On sait qu'une certaine quantité de substance d'origine organique, et notamment les infusions végétales, peuvent devenir acides et que l'on ne peut que rarement les conserver en été pendant quelque temps, sans qu'elles subissent cette transformation. C'est un fait bien connu que, dans la préparation du sucre de betteraves, cette transformation se produit quelquefois dans le jus obtenu par expression.

Dans les liqueurs qui deviennent ainsi acides, il se produit quelquefois de l'acide lactique et quelquefois de l'acide acétique. Il s'agirait donc de savoir quel est l'acide qui prend naissance dans le moût.

J'examinerai un peu plus loin cette question, en parlant du refroidissement du moût : j'ajouterai seulement ici qu'un moût exposé pendant quelque temps à l'air n'a pas donné d'acide acétique par la distillation, mais que, par l'ébullition avec du carbonate de zinc, il a donné une quantité considérable de lactate de zinc.

(1) On réussit très-bien a neutraliser les substances acides qui peuvent adhérer aux cuves-matières en bois, en les nettoyant de temps en temps avec de la chaux.

CHAPITRE VII.

DE LA CUISSON DU MOUT.

Quelle que soit la manière dont le moût a été préparé, on le fait bouillir, et quelquefois même on l'évapore pour le concentrer; dans ce dernier cas, la cuisson doit durer plus longtemps (1).

Pour cette cuisson, on introduit dans une chaudière le moût qui doit être aussi clair que possible et on le chauffe jusqu'à l'ébullition. Cette cuisson doit suivre immédiatement la préparation du moût : si l'on tarde un peu, ce retard peut avoir pour conséquence une production d'acide lactique et déterminer par suite le passage du moût à l'aigre, surtout par une saison chaude, et lorsqu'on opère sur du malt desséché à l'air.

Quelles que soient les précautions avec lesquelles on opère l'empâtage, il se produit toujours une petite quantité d'acide lactique dont la présence contribue jusqu'à un certain point à communiquer à la bière la qualité voulue. Une fois que le moût a commencé à devenir acide, il a de la tendance à le devenir de plus en plus, tendance qui est d'autant plus grande que le moût, pendant l'empâtage, a été plus complétement saturé d'air, et contient ainsi un germe qui est susceptible d'y déterminer une décomposition continuelle. L'expulsion de cet air par l'ébullition est donc indispensable; et lors même qu'il n'y aurait pas d'autre raison de faire bouillir le moût, la tendance à l'acidité que présente le moût et à laquelle on ne peut pas remédier autrement, l'exigerait impérieusement.

La cuisson a pour résultat de répartir également dans le moût les principes constituants du houblon, ce qui contribue à communiquer à la bière les propriétés qu'elle doit avoir.

Une première transformation que l'on cherche à produire par la cuisson du moût, est la coagulation d'une quantité considérable de matières albumineuses qui, si elles n'étaient pas

(1) Dans ce cas, la quantité de liquide qui se perd par l'évaporation, ne doit plus être évaluée à 1/12 ainsi qu'on l'a indiqué p. 235; mais elle est beaucoup plus considérable.

séparées, détermineraient de suite une fermentation très-vive et très-rapide ; mais en même temps la bière qui a subi ainsi une fermentation vive et rapide, ne pourrait plus se conserver : en effet ces deux propriétés sont intimement reliées l'une à l'autre. Par cette cuisson du moût, la liqueur se trouble et il se porte à sa surface une certaine quantité d'écume qui est composée d'albumine-coagulée et d'autres matières solides qui ont été entraînées avec cette albumine hors de la cuve-matière. Si nous considérons cette écume à ce point de vue qu'elle contient de l'albumine, nous voyons que le moût subit la perte d'une portion de la plus nutritive de ces parties constituantes dont elle perdra une quantité encore plus grande par la fermentation. Elle en a du reste déjà perdu une quantité assez considérable par l'empâtage : en effet 4/7 —1/3 des matières albumineuses du malt sont restées comme partie constituante de la drêche dans la cuve-matière (p. 230).

On ne tient généralement pas suffisamment compte de cette perte lorsqu'on apprécie la consommation de la bière comme substance nutritive. Celui qui boit de la bière préparée avec une quantité de grain présentant une puissance nutritive égale à un certain poids de pain, ne doit pas être d'avis que, en buvant la bière, il prend la même quantité de matière nutritive qu'en mangeant le pain. Cela est en effet loin d'être exact : en admettant même que la totalité des principes nutritifs de l'orge passerait dans le malt et passerait ensuite du malt dans l'infusion aqueuse que l'on a préparée au moyen de ce malt, il se séparerait toujours sous forme solide par la cuisson du moût une quantité considérable des matières albumineuses qui y sont dissoutes.

Des flocons d'albumine coagulée se rassemblent à la surface de la liqueur bouillante et en sont séparés, et on continue l'ébullition jusqu'à ce qu'il ne s'en sépare plus d'une manière sensible.

On a déjà soulevé plusieurs fois la question de savoir si l'on ne pouvait pas se passer de soumettre le moût à la cuisson. On peut bien, par la fermentation d'un moût qui n'a pas été soumis à la cuisson, obtenir une boisson alcoolique ; mais on ne pourra jamais obtenir ainsi une bière ou du moins une bière qui puisse se conserver. Une grande quantité de matière albumineuse doit être séparée de la liqueur et il ne doit plus

en rester que la quantité indispensable pour la fermentation qui doit se produire ultérieurement et qui doit transformer le sucre en alcool et en acide carbonique.

Nous avons déjà étudié en détail p. 157 les substances albumineuses qui sont coagulées par l'ébullition, ainsi que les deux autres sortes de substances albumineuses qui, même après l'ébullition, restent encore dissoutes; mais la nature particulière de ces substances est difficile à déterminer parce que nous ne possédons pas de réactif qui nous permette d'en effectuer la séparation.

Si, comme cela a lieu dans la préparation du moût destiné à la fabrication des bières bavaroises, on a déjà préalablement soumis à une température élevée la masse épaisse qui se trouve au fond de la cuve, de manière que l'albumine ait déjà été antérieurement coagulée en partie, la quantité d'albumine qui se sépare par l'ébullition du moût, est par cela même plus faible.

On reconnaît que l'ébullition a duré suffisamment longtemps à ce caractère que, si l'on prélève une certaine quantité du liquide contenu dans la chaudière, les flocons qui y sont en suspension, se déposent rapidement en sorte qu'elle devient instantanément claire. Mais si la liqueur doit être amenée par l'évaporation, à un plus grand degré de concentration, on doit continuer à la faire bouillir jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment concentrée, ce que l'on peut reconnaître au moyen de l'aréomètre.

En général, la liqueur qui est destinée à la préparation d'une bière que l'on doit consommer de suite, est soumise à une ébullition moins prolongée que celle qui doit servir à la préparation de la bière de garde. Plus on a fait bouillir longtemps, plus est grande la quantité de matière albumineuse qui se coagule et qui cesse ainsi de pouvoir concourir à la production du ferment.

Un autre but de la cuisson est d'arriver à ce que la dextrine qui reste dans le moût, se conserve au même état dans la bière et ne se transforme plus en sucre. Par l'ébullition, la puissance active de l'agent transformateur est annihilée; la transformation en sucre se trouve donc limitée à la quantité qui s'était produite jusqu'au moment où la liqueur commence à bouillir.

Enfin, par la cuisson, on transforme en dextrine l'amidon qui ne s'était pas encore modifié ou qui se trouvait encore à l'état d'empois : à la température de l'ébullition, l'agent transformateur ne peut plus transformer l'amidon ni la dextrine en sucre, mais il détermine encore la transformation de l'amidon en dextrine.

Plus on prolonge l'ébullition et l'évaporation, plus le sucre incristallisable peut devenir brun par l'action de l'air. Tandis que, pour les bières blanches, on cherche à arriver à une liqueur aussi peu colorée que possible, on s'efforce au contraire pour les bières brunes d'obtenir une liqueur colorée. Les bières blanches, surtout lorsque le moût contient beaucoup de sucre, ne doivent être soumises par cette raison qu'à une ébullition de peu de durée : en effet, sous l'influence des matières albumineuses, le sucre de fruits se colore de plus en plus en brun (1). Pour préparer de la bière blanche, on ne doit faire bouillir le moût que très-peu de temps. Les bières très-épaisses ne peuvent atteindre leur consistance que par l'ébullition et l'évaporation : elles possèdent donc toutes une couleur brune comme celle du porter par exemple.

La durée de l'ébullition peut donc varier beaucoup par différents motifs. Pour faire sortir du moût l'air qu'il contient et pour coaguler les substances albumineuses, quinze minutes sont suffisantes : mais, dans la plupart des cas, on maintient le moût en ébullition pendant beaucoup plus longtemps et quelquefois même pendant une ou deux heures. Il y a des

(1) Pour donner à quelques bières brunes la coloration que l'on désire, on introduit dans la chaudière une petite quantité de potasse, de soude ou de chaux. La quantité qui est nécessaire pour déterminer la coloration, varie suivant la proportion d'acide contenue dans le moût. Si cette proportion d'acide est considérable, il est nécessaire d'employer une plus grande quantité d'alcali pour qu'il en existe à l'état libre une certaine quantité qui puisse agir sur le sucre de fruits : si la proportion d'acide contenue dans le moût est peu considérable, la quantité d'alcali qu'il faut ajouter est moindre. L'alcali qui ne rencontre pas d'acide pour le saturer, agit seul sur le sucre de fruits, de manière à y déterminer la production d'une substance brune.

On comprend bien que je ne recommande pas ce mode d'opérer : je l'explique seulement.

Je ne recommande pas davantage, pour colorer le moût dans le but d'en préparer des bières plus foncées, l'addition de jus de réglisse, de chicorée torréfiée, de caramel, qui constituent de véritables falsifications. — Le malt auquel on a fait prendre par la torréfaction une couleur foncée, est le seul moyen convenable de colorer le moût.

bières qui ne deviennent susceptibles de se conserver qu'après une ébullition de deux heures et il y en a d'autres qui n'arrivent à la consistance nécessaire qu'après une ébullition et une évaporation de plusieurs heures.

Mais quel que soit le motif pour lequel on les fait bouillir, soit simplement pour coaguler les matières albumineuses et pour chasser l'air contenu dans le moût, soit pour évaporer et concentrer le moût, on n'ajoute généralement le houblon que lorsque la plus grande partie des substances albumineuses est coagulée, puis on fait bouillir légèrement le tout. La quantité de houblon que l'on ajoute, peut varier de 1/4 (elle peut même être inférieure à ce chiffre) à 4 pour 100 de malt employés primitivement. Plus on emploie de houblon, plus la bière est amère et mieux elle peut se conserver (1).

Nous avons dit p. 78 que quatre des parties constituantes du houblon se dissolvent surtout dans le moût : le principe amer du houblon, l'acide tannique, la résine et l'huile essentielle. L'acide tannique doit coaguler une certaine quantité des substances albumineuses qui sont encore dissoutes : la résine, bien qu'insoluble dans l'eau, se répartit dans la liqueur : il en est de même de l'huile essentielle : la substance amère s'y dissout. Comme l'huile essentielle est volatile et comme, par suite, il s'en perd par volatilisation une partie pendant l'ébullition, un grand nombre de personnes ont conseillé de ne pas faire bouillir le moût avec le houblon, mais de l'y faire infuser seulement. Dans ce cas, on dissoudrait une quantité moindre des principes constituants du houblon et on ne dissoudrait notamment pas la quantité des parties constituantes principales du houblon, de la substance amère, de l'acide tannique et de la résine qui est désirable pour que la bière présente les qualités voulues : ce n'est pas l'huile essentielle seule, ce n'est même pas cette huile essentielle surtout dont la présence paraît à désirer dans la bière. L'ébullition avec le houblon, lors même qu'il se dégagerait un peu d'huile essentielle, détermine dans tous les cas une combinaison intime de la substance amère avec les principes constituants de la bière qui améliore considérablement sa saveur.

Dans l'établissement de la société des brasseries belges à

(1) Voir le tableau de Levesque dans Muspratt-Stohmann, *loc. cit.*, p. 634.

Louvain, Lacambre et Persac (1), suivant en cela l'exemple des brasseries anglaises, ont fait établir des chaudières fermées : l'emploi de ces chaudières présente cet avantage qu'il ne se perd pas d'huile essentielle de houblon. Dans ces chaudières, il existe en outre un moulinet qui maintient le houblon en mouvement et augmente ainsi ses points de contact avec le liquide. Redtenbacher (2) conseille d'ajouter au moût de l'extrait de houblon et de l'huile de houblon, au lieu de le faire bouillir avec le houblon. On retire du houblon à peu près 12 pour 100 de cet extrait, et on obtient en même temps à peu près 0,2 pour 100, d'huile de houblon si l'on place un chapiteau sur la chaudière dans laquelle on prépare l'extrait.

Pour un tonneau de bière, il est nécessaire d'ajouter 4 loths (70 grammes) d'extrait de houblon et 11 grains d'huile essentielle de houblon.

Gehlen et B. Newton (3) ont également recommandé le même mode d'opérer. Trommsdorf (4) a trouvé que l'extrait de houblon qui pouvait être conservé longtemps sans se modifier, n'était cependant pas bon pour la préparation de la bière. Cela datait déjà de 1835.

Lorsque le houblon est suffisamment épuisé, on arrête l'ébullition : pour quelques espèces de bières, et notamment pour les bières blanches, on ajoute alors certaines substances destinées à opérer la clarification du moût ; puis on fait bouillir encore une fois le tout avec soin. On soutire ensuite de la chaudière le moût que l'on fait passer au travers d'un filtre de manière à l'obtenir clair, puis on le laisse refroidir.

La quantité de houblon que l'on doit employer, doit être déterminée tant d'après le degré d'amertume que l'on veut communiquer à la bière que d'après la durée de temps que l'on veut rendre la bière susceptible de se conserver. Comme le houblon jouit de la propriété d'empêcher la transformation chimique, propriété qu'il doit tant à son acide tannique qui coagule encore une certaine quantité de l'albumine contenu dans le moût, qu'à sa résine et à son huile essentielle

(1) Lacambre, *Traité complet de la fabrication des bières*, nouvelle édition, 1856, t. I, p. 174.

(2) *Mittheil. des Ver. zur Ermitt. der Gewerb. in Bohmen*, février 1843.

(3) Muspratt-Stohmann, *loc. cit.*, p. 629.

(4) Erdmann's, *Journal*, t. VI, p. 29.

qui ne sont pas séparés de la dissolution par l'acide tannique, on comprend qu'une bière fortement houblonnée peut se conserver plus longtemps qu'une bière faiblement houblonnée.

Même dans la manière dont le houblon est ajouté, il existe une grande différence. Outre le houblon que l'on introduit dans la chaudière, on en ajoute quelquefois aussi une certaine quantité dans la cuve-matière et on l'épuise par de l'eau tiède simultanément avec le malt. Cette méthode paraît du reste étrange au point de vue scientifique. Dans d'autres localités, après avoir fait bouillir le moût avec du houblon, on ajoute encore du houblon dans les cuves dans lesquelles on fait fermenter la bière, afin de donner une saveur houblonnée très-prononcée et de rendre la bière susceptible de se conserver plus longtemps. Balling conseille de faire bouillir le moût avec une partie de houblon et de filtrer sur une autre partie de houblon la liqueur chaude telle qu'elle sort de la chaudière, parce que, en opérant ainsi, toute l'huile essentielle de la dernière portion du houblon reste dans la liqueur et parce que, en outre, il s'y dissout une nouvelle quantité d'acide tannique. (Voir en outre p. 214.)

Dans tous les cas, quelle que soit la manière dont on a employé le houblon, on l'exprime afin qu'il ne contienne interposée aucune portion du moût.

On a proposé un grand nombre de moyens pour clarifier le moût dans la chaudière de manière qu'il coule complétement clair dans les bacs refroidissoirs, ce qui est indispensable pour la bonne réussite des opérations subséquentes.

Comme moyen de clarification, on emploie des substances albumineuses et des substances glutineuses que l'on introduit dans la chaudière et qui y forment un coagulum tant par l'action de la température de l'ébullition que par l'action de l'acide tannique du houblon. Parmi ces substances, nous citerons le lait, le sang, l'albumine, les pieds de veaux et la colle de poisson.

On a recommandé aussi, pour la clarification de la bière, l'emploi de la mousse d'Irlande, du carrageen, que l'on introduit dans la bière sans lui faire subir aucun traitement préalable.

Beaucoup de voix se sont élevées contre l'emploi de substan-

ces animales telles que les pieds de veaux, la colle de poisson etc., comme agents de clarification, surtout pendant la cuisson. Lacambre (1) se prononce expressément contre l'emploi de ces matières et considère toutes les matières gélatineuses comme étant non-seulement inutiles, mais même nuisibles : en effet elles ne se coagulent pas par l'ébullition comme le sérum du sang, le blanc d'œuf, etc. ; mais elles restent dissoutes dans la liqueur. Elles ne feraient par conséquent qu'augmenter la quantité de matières fortement décomposables qui se trouvent dans le moût et augmenter la tendance de la bière à une décomposition ultérieure. Nous devons cependant faire observer que les brasseurs sont contraires à l'emploi du sang comme agent clarificateur et que les consommateurs sont si bien habitués à la saveur des bières auxquelles on a ajouté des pieds de veaux, de la colle de poisson ou d'autres matières de la même nature qu'on les emploie pour satisfaire le goût des consommateurs, bien que, comme agents de clarification, elles ne produisent pas l'effet désiré. Tel est, en résumé, ce que dit Lacambre. En ce qui concerne la colle de poisson, il est cependant dans l'erreur. Une liqueur bouillante, comme celle qui se trouve dans la chaudière à brasser, ne détermine pas la coagulation de la colle de poisson ; mais dès que l'acide tannique du houblon se dissout dans cette liqueur, la coagulation s'effectue : Lacambre n'a pas tenu compte de ce fait. Du reste lorsqu'on emploie la colle de poisson comme agent de clarification, on doit ajouter au moût une forte proportion de houblon : car, sans cela, il resterait dans la bière une grande quantité de substances albumineuses et de colle de poisson qui pourraient en déterminer l'altération rapide. Dans tous les cas, une petite quantité de colle de poisson en combinaison avec l'acide tannique reste dissoute dans l'acide lactique du moût, ainsi que je le montrerai avec plus de détails plus loin (lorsqu'il sera question du *refroidissement du moût*). Un moût clarifié au moyen de la colle de poisson ne peut donc pas se conserver longtemps.

Lacambre recommande d'une manière toute spéciale l'emploi de la chaux pour effectner la clarification du moût. Il s'appuie sur les avantages que présente l'emploi de cette sub-

(1) *Loc. cit.*, nouvelle édition, 1856, t. I, p. 182.

stance pour la clarification du jus de betteraves : son emploi pour la clarification du jus de cannes peut venir également à l'appui de l'opinion de ce praticien. Pour un litre de liqueur, on ne doit employer que 4 à 5 grammes de chaux. L'action immédiate qu'exerce la chaux, est de saturer les acides qui retiennent l'albumine en dissolution : mais, de plus, la chaux se combine avec la matière albumineuse. — Toutefois comme la chaux communique à la bière une saveur désagréable, son emploi ne paraît pas devoir être recommandé.

Le carrageen ne possède pas la faculté d'être précipité par l'acide tannique et ne peut pas par suite effectuer la clarification de la bière.

On avait cependant admis que le carrageen était très-utile pour protéger le moût contre l'acidité pendant le refroidissement sur les bacs refroidissoirs. Dans ce but, on le faisait bouillir dans la chaudière à brasser avec le moût et le houblon. Müller (1) pense que, par sa nature mucilagineuse, il préserve de l'action de l'air le moût qui se trouve sur les bacs refroidissoirs ; cette opinion me paraît cependant difficile à admettre. — Si le carrageen ou un autre mucus végétal quelconque peut réellement effectuer la clarification de la liqueur contenue dans la chaudière et, par suite, la préserver contre l'acidité, on ne paraît pas, d'après ce que l'on sait jusqu'ici, pouvoir expliquer comment cela a lieu.

On a également recommandé le mucus de la semence de lin comme agent de clarification. On lave les semences avec de l'eau froide ; on les fait bouillir dans l'eau et on ajoute le liquide mucilagineux ainsi obtenu dans le moût en ébullition une demi-heure avant d'ajouter le houblon (2).

Rousseau (3), au lieu de colle de poisson, conseille d'employer pour la clarification de la bière une autre substance qui est le cachou. Cette substance améliore le goût de la bière et la rend susceptible de se conserver plus longtemps. Si le cachou ne communique réellement pas à la bière une saveur désagréable, il peut être utilisé avantageusement pour la préserver de la décomposition : en effet il contient de l'acide tan-

(1) *Handbuch für Bierbrauer*, 1854, p. 350.
(2) *Polyt. Centr.bl.*, 1855, p. 319.
(3) *Id.*, 1853, p. 1147.

nique et peut par suite précipiter les substances albumineuses: il agit donc comme le houblon.

Dans toute opération dans laquelle il s'agit d'arriver à ce que des substances solides soient séparées de substances liquides, le moyen le plus simple à employer est de filtrer avec le plus de soin possible : cela s'applique par conséquent au moût que l'on transvase de la cuve-matière dans la chaudière, de la chaudière dans le bac refroidissoir ou de ce dernier dans la cuve-guilloire. En ce qui concerne la disposition du filtre, je la laisse à décider aux praticiens.

Dans beaucoup de brasseries, on fait passer au travers d'un filtre à houblon le liquide qui se rend de la chaudière dans les bacs refroidissoirs : ce filtre consiste en un sac ou en un tonneau rempli de houblon que la liqueur traverse pour en sortir claire. Disposé convenablement, ce mode de filtration paraît être le meilleur.

CHAPITRE VIII

DU REFROIDISSEMENT DU MOUT.

La liqueur claire que l'on a soutirée de la chaudière, doit fermenter pour passer à l'état de bière.

Mais, avant que cette liqueur puisse fermenter, on doit la faire refroidir ; et, suivant la nature de la fermentation que l'on veut y déterminer, son refroidissement doit atteindre une température particulière. Le refroidissement doit avoir lieu rapidement : en effet cette liqueur est encore très-exposée à devenir acide.

Les causes pour lesquelles la liqueur devient acide, peuvent être très-différentes: elles peuvent avoir leur origine, soit dans les circonstances extérieures, soit dans le moût lui-même. Plus le moût est clair, moins il a de tendance à devenir acide: ce fait, que l'expérience a démontré exact, est d'une grande valeur tant au point de vue pratique qu'au point de vue théorique. Mais une température chaude et par suite un refroidissement plus lent, un orage, ainsi que les autres circonstances atmosphériques mal connues, qui déterminent l'altéra-

tion rapide des sucs végétaux, du lait, de la viande, etc., peuvent exercer ici une action fâcheuse.

La malpropreté des bacs refroidissoirs, l'existence d'un agent de transformation susceptible de déterminer l'acidité, peuvent faire devenir instantanément acide la liqueur même la plus claire: en même temps, on voit quelquefois se produire tous les phénomènes d'une fermentation et une certaine quantité de gaz acide carbonique se dégage à la surface de la liqueur refroidie. Il est par conséquent d'une grande importance de maintenir les bacs aussi propres que possible.

Si, du reste, la liqueur claire présente dès le maltage même une tendance à devenir acide, cette tendance se développera encore par la suite: si la liqueur est claire, cela ne la préserve donc pas positivement de devenir acide. Mais, si elle est trouble, elle présente, dans tous les cas, une grande tendance à se décomposer.

Tout le monde sait que, en été, lorsque les sucs des plantes deviennent acides, il s'y produit de l'acide lactique, et tout le monde sait également que cet acide prend naissance lorsque le lait devient acide. Boutron et Fremy ont fait sur ce sujet des travaux dans lesquels ils en ont approfondi les particularités les plus intimes. Presque toutes les substances albumineuses possèdent la faculté de faire subir cette transformation à différentes espèces de sucre et notamment au sucre de fruits.

Aucune matière n'est plus apte à déterminer cette transformation que les particules d'albumine très-divisée qui sont exposées au contact de l'air. Cette albumine devient alors un agent de transformation du sucre en acide lactique. La caséine et les substances albumineuses du malt possèdent également cette propriété à un très-haut degré. Après l'ébullition du moût, ces substances albumineuses ne contiennent plus d'agent transformateur de l'amidon; mais, sous leur nouvel état, les matières albumineuses qui restent insolubles, jouissent de la propriété d'absorber de l'oxygène et de se transformer en agent susceptible de déterminer la transformation du sucre en acide lactique. Il ne se produit ici, ni assimilation, ni séparation d'aucun des éléments du sucre : une simple modification du groupement moléculaire suffit (p. 211 et 243).

Pour obtenir une grande quantité d'acide lactique, on moud le malt en farine fine; on l'humecte avec de l'eau et on le

laisse exposé à l'air : la pâte contient au bout de peu de jours une grande quantité d'acide lactique. Il en est de même d'une infusion aqueuse de malt préparée à froid. Déjà, dans l'empâtage, la liqueur sucrée présente une très-grande tendance à donner naissance à de l'acide lactique : en effet le moût, même après la cuisson, présente une grande tendance à devenir acide, si on ne le fait pas fermenter aussi rapidement que possible.

Une température élevée est favorable à la production de l'acide lactique : une température basse au contraire détermine dans la même liqueur la fermentation alcoolique. Il n'existe aucune raison d'admettre que ce sont deux matières albumineuses différentes qui donnent naissance à ces deux fermentations. La même matière albumineuse peut, à des températures différentes, devenir l'agent de la transformation du sucre en acide lactique ou l'agent du dédoublement du sucre en alcool et en acide carbonique.

Ce dernier mode d'action est celui qui doit se produire dans la préparation de la bière : il est donc nécessaire de faire refroidir aussi rapidement que possible le moût après sa sortie de la chaudière, afin de le faire passer aussi rapidement que possible à une température inférieure à celle de 30° à 25° qui est surtout favorable à la production de l'acide lactique, pour lui faire atteindre celle à laquelle le dédoublement du sucre en acide carbonique et en alcool a lieu.

Pour faire refroidir le moût, on le transvase en général dans des bacs peu profonds dans lesquels on le fait séjourner pendant quelque temps : les bacs doivent être aussi propres que possible, afin de ne contenir aucun agent susceptible de déterminer une production d'acide lactique. C'est dans ce but que l'on s'est servi dans ces derniers temps de bacs refroidissoirs en fer ou d'un mode de disposition tout différent au moyen duquel on peut amoindrir le contact de l'air qui favorise beaucoup la transformation du sucre contenu dans le moût en acide lactique. Je renverrai aux ouvrages qui traitent de la bière au point de vue pratique ceux de mes lecteurs qui voudraient étudier ce sujet avec détail.

Je ferai seulement mention ici de nouveaux appareils refroidisseurs dans lesquels le refroidissement est opéré au moyen d'eau froide et dont on a essayé de faire usage dans de

bonnes brasseries dans le but d'obvier au grand inconvénient que présente le contact de l'air et à la tendance évidente à l'acidité que ce contact détermine dans le moût. On fait passer le moût dans des tubes que l'on refroidit extérieurement au moyen d'eau froide à une température déterminée. De cette manière, le moût se trouve complétement à l'abri du contact de l'air et est ainsi préservé des inconvénients qui résultent de ce contact.

Habich (1) a considéré la nécessité d'un bon refroidissement à cet autre point de vue qu'on ne peut pas préparer en été de la bière par fermentation avec dépôt, lorsqu'on suit la méthode de refroidissement ordinaire, mais qu'on peut en obtenir ainsi seulement dans la saison froide. Il dit que la question devrait être résolue de manière que l'on puisse obtenir de bonne bière dans toutes les saisons, mais que, en été, on ne peut pas obtenir par la méthode ordinaire un refroidissement suffisant et que l'on ne peut pas par suite arriver à une bonne fermentation avec dépôt, et il pense qu'il serait tout à fait convenable d'apporter des améliorations aux appareils de refroidissement afin d'atteindre le but indiqué.

On peut obtenir un refroidissement plus considérable et plus rapide en accélérant l'évaporation du moût ou en déterminant une transmission plus rapide de sa chaleur à d'autres substances. Dans les bacs refroidissoirs en bois, c'est l'évaporation seule qui produit le refroidissement. En l'accélérant au moyen de ventilateurs, on arrive beaucoup mieux et plus rapidement au but proposé ; il s'évapore ainsi une certaine quantité de liquide dont la perte peut être compensée par l'emploi d'une plus grande quantité d'eau dans l'empâtage.

L'évaporation de la liqueur sur les bacs refroidissoirs continue rapidement tant que le liquide est chaud et détermine un refroidissement proportionnel. Mais lorsque la liqueur a atteint à peu près la température de l'air ambiant, l'évaporation devient faible et la liqueur cesse de se refroidir. Lorsque l'air est humide, l'évaporation de la liqueur est peu considérable et le refroidissement est très-limité.

Par la transmission de la chaleur, on remplit également le but : on emploie alors, au lieu de bacs refroidissoirs en bois,

(1) Dingler's *Journal*, t. CIL, p. 63.

des bacs refroidissoirs en fer qui sont refroidis extérieurement au moyen d'eau froide: ce refroidissement s'effectue du reste d'autant plus rapidement que l'eau est plus froide et qu'elle est renouvelée plus souvent.

En multipliant les surfaces par lesquelles le refroidissement s'opère, on diminue les frais que peut occasionner le déplacement d'une grande quantité d'eau froide.

Tels sont les principes théoriques dont la pratique fait déjà l'application d'une manière ou d'une autre dans les bonnes brasseries. C'est ainsi par exemple que l'on fait couler l'eau froide dans des tuyaux de métal plongés dans le liquide à refroidir ; mais comme le liquide chaud occupe la partie supérieure, on place les tubes refroidisseurs précisément au-dessous de la surface du liquide à refroidir que l'on maintient en mouvement.

Deux bacs refroidissoirs sont nécessaires: l'un dans lequel on fait refroidir la liqueur chaude par évaporation, et le second dans lequel on détermine le refroidissement par la transmission de la chaleur au moyen des tubes dont nous venons de parler.

Habich recommande cette méthode comme très-bonne: elle est mise en pratique, entre autres localités, dans la brasserie de Ferd. Dolainsky à Vienne et dans une brasserie à Ferihegij près Pesth.

Mais, pour pouvoir opérer ainsi le refroidissement, de grandes quantités d'eau sont nécessaires. Admettons que la liqueur reste dans le premier bac jusqu'à ce qu'elle soit à une température de 37°,5 et que 10000 livres doivent être refroidies artificiellement jusqu'à 12°,5, en faisant passer dans les tubes un courant d'eau à une température de 10°,5.

On trouve alors :

	Quantités de chaleur.
10000 livres de liqueur à 37°,5, donnent.....	375,000
10000 — — à 12°,5, donnent.....	125,000
L'eau, en effectuant le refroidissement, doit donc enlever.....	250,000

Mais l'eau qui sert à effectuer le refroidissement, a elle-même une température de 10°,5 et ne diffère que de 2 degrés

de la température de 12°,5 ; elle ne peut donc déterminer un refroidissement que de 2 degrés. Il est donc nécessaire d'employer $\frac{250\,000}{2}$ = 125,000 livres d'eau pour déterminer le refroidissement de la liqueur jusqu'à 12°,5 avec de l'eau à 10°,5.

Afin de n'avoir besoin que d'une quantité d'eau moins considérable, Habich amène l'eau froide dans des bacs en fer assez élevés qui contiennent le moût encore chaud (admettons que la liqueur ait 80°,5 et l'eau froide 10°,5) ; si les tubes sont disposés de telle façon que l'eau froide pénètre par la partie inférieure de la cuve pour monter ensuite à la partie supérieure, on sera dispensé d'employer une quantité d'eau aussi considérable : en effet la couche inférieure du moût passe rapidement à une température de 10°,5 ; les couches placées au-dessus sont plus chaudes et la couche supérieure est la plus chaude, en sorte que le liquide qui monte dans les tubes, devient de plus en plus chaud, mais doit toujours se trouver à une température inférieure relativement au moût. Pour mieux nous faire comprendre, subdivisons par exemple le moût en huit couches et admettons que le moût présente une température de 80°,5 et que l'on introduise par en bas de l'eau à 10°,5 au moyen de tubes disposés verticalement : si l'eau qui s'écoule par la partie supérieure, présente une température de 70°, nous observons dans les huit couches un refroidissement qui peut être représenté approximativement de la manière suivante, en allant de haut en bas.

	Moût.	Eau froide.	Perte de chaleur.
1.....	80°,5	70°,5	10
2.....	70°,5	60°,5	10
3.....	60°,5	50°,5	10
4.....	50°,5	40°,5	10
5.....	40°,5	30°,5	10
6.....	30°,5	20°,5	10
7.....	20°,5	10°,5	10
8.....	10°,5	10°,5	0

De cette manière, on peut effectuer un refroidissement très-notable du moût au moyen d'une quantité d'eau froide relativement plus faible et on peut en outre utiliser dans la brasserie l'eau qui s'écoule des tubes refroidisseurs.

Ce procédé paraît remplir le but indiqué : au lieu d'un bac élevé, on peut mettre deux bacs plus petits l'un à côté de

l'autre et utiliser seulement dans la brasserie l'eau la plus chaude, tandis que l'on fait traverser le second bac à l'eau qui est plus froide. Enfin on peut amener par l'addition de morceaux de glace le moût à une température aussi basse qu'on peut le désirer.

Lorsqu'on met ce procédé en pratique, on ne se trouve plus en présence de la difficulté qui est inhérente à la circulation du moût dans des tubes qui sont refroidis extérieurement par l'eau, et qui consiste en ce que ces tubes ne peuvent jamais être nettoyés aussi bien que les bacs. Par la méthode de Habich, le refroidissement a lieu rapidement, ce qui amoindrit beaucoup les effets fâcheux qui peuvent résulter pour le moût de son séjour au contact de l'air.

Si l'on emploie la méthode ordinaire de refroidissement dans des bacs en bois ouverts, la liqueur chaude que l'on y a placée, doit y séjourner plusieurs heures. Lorsque cela est possible, on doit en été mettre de préférence le moût dans le bac le soir. Les bacs refroidissoirs doivent être placés autant que possible dans un courant d'air, mais on doit les préserver avec soin de la pluie. On y laisse séjourner le moût jusqu'à ce qu'il soit arrivé au degré de refroidissement voulu qui varie suivant la bière que l'on veut obtenir et que nous indiquerons plus tard en traitant de la fermentation.

Lorsque, en été, on n'a pas pu refroidir suffisamment sur les bacs refroidissoirs un moût que l'on destine à la préparation de la bière par fermentation avec dépôt, on ajoute à la liqueur, avant d'y déterminer la fermentation, de petits morceaux de glace, afin d'obtenir la température désirée.

Dans les bacs refroidissoirs, il se sépare une substance floconneuse (désignée par les brasseurs allemands sous le nom de *Kühlgeläger*) que nous devons examiner d'une manière plus approfondie.

La quantité de cette substance floconneuse a été estimée par Balling (1) à $^1/_2$ livre pour 100 livres de malt. Balling la considère comme étant de l'albumine. Toutefois ce précipité est éminemment composé de deux substances différentes : une portion s'est produite par l'action de l'air, tandis que l'autre s'est déposée par le refroidissement. Si on laisse refroidir la liqueur

(1) *Loc. cit.*, p. 243, ou 3e édit., t. I, fascicule I, p. 164.

chaude et complétement claire dans un flacon qui en soit complétement rempli et qui soit fermé, elle donne par le refroidissement un dépôt qui se redissout de nouveau par l'action de la chaleur. Si l'on décante ensuite dans une capsule large, lorsqu'il est refroidi, le contenu clair du flacon, il se trouble et ce trouble provient évidemment de l'action de l'air.

Ces deux précipités ne sont évidemment pas de la même nature. La matière qui se dépose pendant le refroidissement, paraît être une combinaison de l'acide tannique du houblon avec de l'empois non modifié. L'empois forme avec l'acide tannique un précipité qui se dissout par l'action de la chaleur, mais qui se sépare de nouveau par le refroidissement.

J'ai observé, sur un dépôt de ce genre qui s'était produit dans un bac refroidissoir, que, après l'avoir fait bouillir et l'avoir filtré chaud, il se troublait encore par le refroidissement. L'iode indiquait dans la liqueur la présence d'une quantité considérable d'amidon et le sesquichlorure de fer indiquait la présence de l'acide tannique.

La production de ce précipité n'est nullement à désirer dans la préparation de la bière ; lorsqu'il se produit, la bière est moins susceptible de se conserver : en effet l'amidon qui est resté dans le moût sans se modifier, augmente sa tendance à devenir acide.

Un bon moût ne présente en aucune manière les réactions de l'amidon : on n'a donc pas à craindre que ce dépôt s'y produise. Mais s'il est resté de l'amidon dans le moût, cet amidon détermine dans les bacs refoidissoirs une précipitation de tannate d'amidon.

Si l'on ajoute une dissolution d'acide tannique à de l'eau amidonnée et si l'on chauffe, le précipité qui s'était formé d'abord, disparaît ; mais il reparaît par le refroidissement. C'est un trouble de la même nature que l'on observe, après le refroidissement, dans une décoction d'écorce de quinquina et dans un grand nombre d'autres cas.

Balling parle ici de la précipitation de la dextrine par l'acide tannique : mais la dextrine n'est pas précipitée par l'acide tannique. En effet qu'adviendrait-il de l'acide tannique du houblon dans le moût qui est si riche en dextrine si l'acide tannique donnait avec la dextrine un précipité ? On a confondu ici l'empois avec la dextrine : l'empois est pré-

cipité par l'acide tannique, tandis que la dextrine ne l'est pas.

Balling pense que l'acide tannique du houblon, pouvant se transformer facilement en acide gallique par son contact prolongé avec l'air dans les bacs refroidissoirs, subit non-seulement cette transformation par suite de laquelle il n'existe plus d'acide tannique dans la liqueur, mais, en outre, détermine, en se décomposant, la décomposition des autres substances et devient ainsi la cause pour laquelle la liqueur devient acide. Son opinion est que l'on doit, au moyen d'un agent de clarification que l'on introduit dans le moût, séparer tout l'acide tannique qui peut s'y trouver : de cette manière, il n'y existe plus d'acide tannique qui puisse passer à l'état d'acide gallique et déterminer l'acidité de la liqueur contenue dans les bacs refroidissoirs.

Je suis précisément d'une opinion tout opposée et je m'appuie d'abord ici sur ce résultat de l'expérience qu'un grand nombre de bières qui ont été fabriquées sans que l'on y ait ajouté aucun agent clarificateur, ne deviennent pas acides : je m'appuie en outre sur la grande lenteur de la transformation de l'acide tannique en acide gallique, du moins par comparaison avec le temps que la liqueur séjourne sur les bacs refroidissoirs pour arriver au refroidissement. En outre, il existe d'autres substances en quantités considérables qui présentent une grande tendance à la décomposition, comme les substances qui doivent précisément concourir à la production de cette levûre qui doit être plus tard l'agent de la fermentation, en sorte qu'il n'est pas besoin de recourir à une autre substance qui serait susceptible de mettre les molécules en mouvement ; dans tous les cas, l'action que pourrait exercer dans ce sens l'acide tannique en se transformant en acide gallique, est tout à fait peu énergique.

L'autre portion du dépôt qui se produit par l'action de l'air, est une combinaison de matière albumineuse, d'acide tannique et d'apothème d'acide tannique : cette dernière substance s'est produite par l'action de l'air. Cette portion du dépôt est brune : elle est soluble dans les alcalis et peut être précipitée de cette dissolution par l'action des acides. Elle se dissout dans l'acide acétique concentré et peut être précipitée de la dissolution par un alcali. Le prussiate jaune de potasse produit dans la dissolution acétique un abondant précipité d'al-

bumine. Une dissolution concentrée de potasse en dégage de l'ammoniaque : si on traite le dépôt par la potasse sur une lame d'argent, cette lame est noircie par suite d'une production de sulfure d'argent : tous ces caractères y démontrent la présence d'une substance albumineuse. La dissolution acétique de cette substance est colorée en noir par un sel de sesquioxyde de fer. Il s'y trouve donc de l'acide tannique : le précipité est donc du tannate d'albumine.

Knapp (1), qui indique la plupart de ces réactions que j'ai du reste toutes vérifiées, dit que, dans un moût dans lequel ce dépôt s'est effectué, il ne reste plus d'acide tannique.

Mais, dans le moût aussi bien que dans la bière, les réactifs peuvent facilement induire en erreur en ce qui est relatif à l'acide tannique : en effet, dans ces deux liquides, l'acide tannique n'est pas précipité par la colle de poisson. Le tannate de colle de poisson, comme le tannate d'albumine, se dissout facilement dans l'acide lactique. Or comme, dans le moût ainsi que dans la bière, il existe de l'acide lactique, la présence de l'acide tannique peut ne pas y être indiquée par la colle de poisson, à moins que l'acide lactique n'ait été préalablement neutralisé par une base. La question de savoir s'il existe ou non de l'acide tannique dans le liquide qui se trouve sur les bacs refroidissoirs, ne peut assurément présenter aucun doute : mais il nous resterait à savoir si l'acide tannique reste à cet état dans la bière, ou si cet acide se transforme lentement en acide gallique.

Le dépôt dont il vient d'être question, contient de plus une petite quantité de la substance amère du houblon : en effet, lorsqu'on le traite par l'alcool, il lui communique une saveur amère.

Lorsque la liqueur a atteint le degré de refroidissement désiré, on la filtre avec soin pour en séparer toute trace de dépôt, puis on la fait fermenter.

(1) *Loc. cit.*, p. 338.

CHAPITRE IX

FERMENTATION DU MOUT.

Lorsque le moût est refroidi, on le fait fermenter.

Le but de la fermentation est de transformer en alcool et en acide carbonique une très-grande partie du sucre contenu dans le moût : on doit toutefois avoir soin qu'il reste encore dans la liqueur une certaine quantité de sucre qui ne soit pas décomposée. Le moût passe enfin ainsi à l'état de bière.

Je pense qu'il n'est pas utile d'indiquer de nouveau ici les circonstances déterminantes de la fermentation que j'ai examinées récemment avec détail dans un autre ouvrage (1). J'indiquerai cependant ici quelques particularités qui n'avaient pas trouvé place dans cet ouvrage et qui me paraissent utiles à faire connaître.

On fait refroidir le moût dans les bacs refroidissoirs, soit à une température de 14° à 20°, soit à une température de 6° à 8°, suivant que l'on veut s'en servir pour préparer de la bière par fermentation superficielle ou par fermentation avec dépôt, et on le maintient autant que possible à la même température, en ayant soin d'éviter qu'elle ne subisse aucune variation. C'est précisément dans les localités où cette condition est le plus complétement remplie que l'on prépare la meilleure bière.

Les cuves-guilloires sont ouvertes ou fermées. Dans ces dernières, la fermentation s'effectue beaucoup mieux et suit une marche beaucoup plus régulière. Certaines cuves-guilloires sont disposées de telle façon que l'acide carbonique puisse bien se dégager, mais que l'air ne puisse pas y avoir accès.

Dans la préparation de certaines bières, comme les bières belges connues sous les noms de faro et de lambick, on transvase directement, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, le moût convenablement refroidi dans des tonneaux dans lesquels on l'abandonne à lui-même, pour qu'il y subisse une fermentation lente, sans qu'on y ajoute de ferment.

Il existe deux sortes de fermentation : la fermentation superficielle (en Hollandais, *boven-gisting* : en allemand, *Ober-*

(1) *De Wijn, scheikundig onderzocht*, p. 42.

gährung) et la fermentation avec dépôt (en hollandais, *ondergisting*; en allemand, *Untergährung*); la première exige la plus élevée et la seconde la plus basse des températures indiquées. Leur dénomination même indique la nature des deux phénomènes. Dans la fermentation superficielle, le ferment monte à la surface sous forme d'écume; dans la fermentation avec dépôt, il reste en grande partie au fond. La fermentation superficielle est rapide; la fermentation avec dépôt est lente. Dans la préparation des bières hollandaises, on se sert surtout du premier mode de fermentation, tandis que, dans la préparation des bières de Bavière, on emploie généralement le second.

Les deux sortes de fermentation sont déterminées par du ferment provenant d'une fermentation de même dénomination. Pour la fermentation des bières de Bavière, on ajoute donc à la liqueur qui s'écoule du bac refroidissoir dans la cuve-guilloire, une petite quantité de ferment provenant d'une fermentation avec dépôt qui l'ait précédée. Pour préparer les autres bières, on a besoin d'un ferment provenant d'une fermentation superficielle. Le ferment, quelle que soit son espèce, exerce la même action chimique sur le sucre contenu dans le moût, c'est-à-dire qu'il le transforme en alcool qui reste dans la liqueur et en acide carbonique qui se dégage : mais les phénomènes extérieurs qui accompagnent cette fermentation, diffèrent suivant l'espèce du ferment. Malgré cette différence dans les phénomènes extérieurs de la fermentation, il se produit bien du ferment dans les deux cas : mais, dans l'un des deux cas, le ferment qui se produit, est susceptible de déterminer une fermentation rapide, tandis que, dans l'autre cas, il possède la faculté de déterminer une fermentation lente.

Dans la fermentation de la bière, on distingue deux phases principales : la fermentation qui commence immédiatement après l'addition du ferment et continue lentement jusqu'à un certain degré, en donnant naissance à une écume, et la fermentation qui la suit et qui est accompagnée d'une production de ferment. Dans la première, le ferment que l'on ajoute, est détruit; dans la seconde qui donne naissance à une écume bien distincte de la première, il se produit une quantité de ferment cinq fois plus grande que celle qui avait été ajoutée

d'abord. La première fermentation peut être désignée sous le nom de fermentation produisant de l'écume (en hollandais, *schuim-gisting*; en allemand, *Schaumgährung*), et la seconde sous le nom de fermentation produisant de la levûre (en hollandais, *gist-gisting* ; en allemand, *Hefegährung*). La fermentation complémentaire (en hollandais, *na-gisting*; en allemand, *Nachgährung*) dont nous nous occuperons plus tard, est différente des deux précédentes.

Nous devons rappeler que l'on a fait bouillir le moût et qu'on l'a fait bouillir avec du houblon, et que cette ébullition et l'évaporation qui en est résultée, ont fait perdre au moût, par coagulation, une certaine quantité de substances albumineuses : nous avons vu en effet que ces substances albumineuses se séparent dans la chaudière par l'ébullition, soit sous forme de grumeaux, soit sous forme d'écume. — Cependant le moût tient encore en dissolution une assez grande quantité de substances albumineuses à un état tel qu'une addition tout à fait peu considérable de ferment provenant d'une fermentation antérieure suffit pour déterminer la fermentation du moût et que, pendant cette fermentation, il se produit une quantité considérable de ferment.

Cette particularité mérite que nous l'examinions avant d'étudier de plus près la différence qui existe entre la fermentation superficielle et la fermentation avec dépôt. On admet généralement que, par l'ébullition, les matières albumineuses contenues dans une liqueur se coagulent et se séparent ainsi de la liqueur : la production du ferment dans la fermentation de la bière nous apprend que, après l'ébullition du moût, une grande quantité de substance albumineuse reste au contraire dissoute tandis qu'une partie seulement est coagulée.

Il a été question (p. 155) de l'existence de différentes matières albumineuses dans le moût, de la diminution des matières albumineuses insolubles par la germination et de l'augmentation des matières albumineuses solubles. On a fait remarquer qu'il y existait des matières albumineuses coagulables, mais qu'il s'y rencontrait aussi d'autres matières albumineuses qui n'étaient pas coagulées par la chaleur et qu'il se trouvait dans le moût une quantité considérable de ces dernières.

Résumons ce que nous avons dit p. 155, et faisons-en l'application à la préparation de la bière. Dans 100 livres de malt,

il se trouve presque une demi-livre de matières albumineuses coagulables par l'action de la chaleur. Une demi-livre de matières albumineuses coagulables pour 700 livres d'eau par exemple (ce qui représente la proportion relative d'eau que l'on emploie dans la préparation de la petite bière), peut déjà manifester bien nettement sa présence dans la chaudière, en se rendant à la surface sous forme d'écume.

Après que l'on en a séparé par l'action de la chaleur les substances coagulables dont une grande partie s'était déjà séparée dans la cuve-matière, un moût provenant du traitement de 100 livres de malt par 700 livres d'eau contient encore deux livres de substances albumineuses solubles (p. 155).

On ne connaît pas la quantité de ces matières albumineuses qui est précipitée par l'acide tannique du houblon; mais nous avons montré p. 261 qu'une partie de ces matières albumineuses échappe à l'action de l'acide tannique : en effet, une partie des matières albumineuses n'est pas précipitée par l'acide tannique, ce qui vient, entre autres raisons, de la présence d'une certaine quantité d'acide lactique.

Dans le vin, c'est la présence de l'acide tartrique qui est la cause pour laquelle l'acide tannique peut se trouver en présence de substances albumineuses sous forme soluble sans en effectuer la précipitation; dans le moût, c'est, entre autres causes, la présence d'une certaine quantité d'acide lactique (en effet, cet acide ne fait jamais défaut), à laquelle on doit attribuer ce phénomène. Si l'on ajoute de l'acide lactique à du blanc d'œuf, l'acide tannique ne peut plus y produire de précipité de tannate d'albumine, même par l'ébullition.

Il n'existe donc pas dans le moût une matière albumineuse, de nature spéciale, qui ne soit pas précipité par l'acide tannique : la combinaison se forme bien, mais elle est maintenue en dissolution par la présence d'un acide (1).

(1) Un assez grand nombre d'acides, et notamment l'acide sulfurique, exercent une action contraire à la fermentation. Berzelius avait déjà indiqué que $\frac{1}{6000}$ d'acide sulfurique ralentissait la fermentation. Calvert (*Journal de pharmacie et de chimie*, 3me série, t. IX, p. 92, 1846) a fait observer que $\frac{1}{25000}$ à $\frac{1}{5000}$ d'acide sulfurique, et même une quantité encore plus petite de cet acide, détermine un ralentissement de la fermentation. Tandis que la fermentation du moût s'accomplit en 24 heures, elle dure huit jours pour le même moût auquel on a ajouté une petite quantité d'acide sulfurique. Le moût

Je pense que nous nous sommes ainsi rendu compte de la possibilité de l'existence d'une quantité considérable de matières albumineuses sous forme soluble dans le moût, même après son ébullition avec l'acide tannique, d'une manière suffisante pour que nous ne soyons pas étonnés de la séparation d'une quantité notable de nouveau ferment.

Il ne convient du reste nullement de désigner sous le nom de gluten (*kleber*), comme quelques auteurs le font pour abréger, les substances albumineuses qui sont restées ainsi en dissolution dans le moût. Nous ne connaissons pas la nature des substances albumineuses qui restent dissoutes dans le moût après son ébullition, et nous ne savons pas quelle est la substance génératrice de la levûre. Du reste, cela importe peu ; en effet, la levûre peut avoir pour substances génératrices des substances très-différentes.

Il se présente cependant une particularité sur laquelle nous devons nous arrêter : elle est relative au changement particulier que les substances albumineuses subissent lorsqu'elles se coagulent au sein d'une liqueur bouillante et lorsqu'on les fait bouillir avec cette liqueur. Le moût est porté à l'ébullition et, par suite, les matières albumineuses coagulables s'en

présente donc alors une grande tendance à subir cette fermentation visqueuse dont j'ai parlé ailleurs (*De Wijn*, p. 101).

Avec une dissolution de sucre additionnée de ferment, on obtient les mêmes résultats.

Cette observation présente une certaine valeur relativement à la préparation de la bière. En France, où l'on ajoute au moût du sirop de fécule qui a été préparé au moyen de l'acide sulfurique, cette observation présente encore une plus grande importance.

L'acide phosphorique ne paraît pas jouir de cette propriété : du moins, elle ne paraît pas se rencontrer dans les phosphates acides qui existent dans le ferment. L'acide lactique ne paraît pas exercer une action contraire à la fermentation alcoolique, du moins lorsqu'il n'est pas en trop grande quantité.

Nous croyons devoir encore mentionner ici sur le même sujet l'opinion de Berthelot, qui (*Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 611) s'exprime ainsi : « La présence des acides minéraux, employés à la dose de quelques centièmes au moins, s'oppose à l'action de la levûre. Au contraire, une très-faible proportion d'un acide, et surtout d'un acide organique, facilite cette même action. » Cette opinion ne s'accorde, comme on le voit, qu'incomplétement avec celles de Berzelius et de Calvert.

Ce sujet, très-important au point de vue de ses conséquences pratiques, sur lequel on pourrait encore consulter l'ouvrage de Balling (*Gährung's Chemie*, t. I, fascicule I, p. 128, 2e édition), mériterait assurément d'être élucidé par de nouvelles expériences comparatives.

séparent ; mais la liqueur bouillante réagit ensuite sur les matières coagulées.

Par l'ébullition, l'albumine est transformée de nouveau partiellement en une substance soluble dans l'eau dont les propriétés se distinguent en partie, mais non en totalité, de celles des substances qui appartiennent à la série des matières albumineuses : cette substance prend également naissance par l'action de l'eau bouillante sur l'albumine animale, sur la fibrine, sur les couennes inflammatoires, et sur les autres matières de nature analogue. Je lui ai trouvé pour composition $C^{36}H^{25}Az^{4}O^{13}$ (1) qui s'y trouvait en outre combiné avec de l'ammoniaque et de l'eau : mais cette composition ne peut nous donner aucune indication relativement à la nature de cette substance. Elle nous fait voir seulement que, dans cette substance, le carbone, l'hydrogène et l'azote se trouvent dans le même rapport que dans l'albumine qui l'a produite, tandis que l'oxygène s'y trouve en plus grande quantité que dans l'albumine, et dans un rapport tel que, le groupement organique de l'albumine étant représenté par la formule $C^{36}H^{25}Az^{4}O^{10}$, la substance indiquée devra contenir O^{3} en plus.

Cette substance prend donc naissance aux dépens de l'albumine pendant l'ébullition du moût dans la chaudière et se trouve par conséquent contenue dans la bière.

Lorsqu'on traite la levûre par l'eau bouillante ou par l'eau froide, on obtient une substance soluble dans l'eau qui est un produit de décomposition du contenu albumineux de la levûre, et dans laquelle le rapport entre le carbone et l'azote est encore le même que dans toutes les substances albumineuses, c'est-à-dire de 36 à 4 (2). Cette substance est une partie constituante essentielle de la levûre : c'est un premier produit de cette décomposition de la levûre qui est la cause de la fermentation.

Si nous comparons la composition de cette substance avec celle des substances albumineuses, nous trouvons qu'elle est exprimée par la formule $C^{36}H^{25}N^{4}O^{15} + 8HO$. On obtient donc :

Groupement organique de l'albumine..... $C^{36}H^{25}Az^{4}O^{10}$

(1) *Scheik. onderz.*, t. IV, p. 283.
(2) *Scheik. onderz.*, t. II, p. 460.

Groupement organique de la substance qui se produit par l'action de l'eau bouillante sur l'albumine..... $C^{36}H^{25}Az^{4}O^{13}$
Groupement organique de l'extrait aqueux de levûre. $C^{36}H^{25}Az^{4}O^{15}$

La deuxième substance, celle par conséquent qui se produit dans le moût par l'ébullition, est donc en voie de se transformer en extrait de levûre, c'est-à-dire en une substance qui existe dans la levûre et qui, pouvant être enlevée à la levûre par l'eau froide, forme par conséquent une des parties constituantes de la bière.

Nous pouvons bien ne pas connaître parfaitement leur nature, mais ce n'est pas une raison pour ne pas reconnaître leur existence, lors même qu'elle ne serait pas favorable aux idées de certaines personnes. — Nous savons du moins que, par l'ébullition de l'albumine qui s'était d'abord coagulée, il passe dans le moût une substance soluble qui contient plus d'oxygène que l'albumine et qui, en s'assimilant encore une nouvelle quantité d'oxygène, peut se transformer en cet extrait aqueux de levûre qui doit devenir ultérieurement une des parties constituantes de la bière.

Nous avons vu que 100 livres de malt contiennent 2 livres de substances albumineuses solubles. Il s'y trouve donc des matériaux plus que suffisants pour former le contenu des cellules de levûre qui doivent prendre naissance : en ce qui concerne les enveloppes de ces mêmes cellules, elles doivent se former aux dépens de la dextrine dont il existe une grande quantité dans le moût (1).

Si, ainsi que cela existe réellement, nous admettons, dans les cellules de levûre, 3 parties de substances albumineuses pour 2 parties de cellulose (2), et, dans 100 livres de malt, 2 livres de substances albumineuses solubles, nous reconnaîtrons qu'il y a des matériaux suffisants pour donner naissance à 3,3 livres de levûre entièrement sèche. Si, d'autre part, nous

(1) Suivant Pasteur (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 323 et suivantes, 1860), ce serait aux dépens des éléments du sucre que la cellulose de la levûre se produit. M. Pasteur se fonde ici sur ce fait qu'il a observé une production de levûre dans un milieu formé de sucre, d'un sel ammoniacal et de phosphates et sur ce que, dans la fermentation du sucre en présence de matières albuminoïdes, il y a dans la levûre plus de cellulose après qu'avant la fermentation.

(2) *Scheik. onderz.*, t. II, p. 447, 1845.

admettons 75 p. 100 d'eau dans la levûre soi-disant sèche, nous trouvons que 100 livres de malt peuvent donner 13 livres de levûre soi-disant sèche, c'est-à-dire de levûre solide, non liquide.

On ne doit donc pas être étonné de trouver dans les cuves-guilloires des brasseries une quantité de levûre quintuple de celle que l'on avait ajoutée au moût pour en déterminer la fermentation.

Revenons maintenant à l'examen de la fermentation telle qu'elle a lieu dans la cuve-guilloire.

Aussitôt que l'on ajoute de la levûre superficielle ou de la levûre de dépôt (1) au moût suffisamment refroidi, il commence à se produire dans ce moût, pourvu qu'il soit à une température convenable, une fermentation superficielle ou une fermentation avec dépôt qui, en suivant régulièrement son cours, donne ultérieurement naissance à une nouvelle quantité de levûre superficielle ou de levûre par dépôt. La levûre que l'on ajoute, détermine la première fermentation, et de cette première fermentation, dépend la fermentation ultérieure ainsi que la formation de la nouvelle levûre.

La levûre superficielle, ainsi qu'on l'admet généralement, ne se distingue sous aucun rapport de la levûre par dépôt, c'est-à-dire que, par l'analyse, on n'a pu constater entre elles aucune différence. Le fait que la levûre superficielle monte surtout à la surface sous forme d'écume, tandis que la levûre par dépôt se rassemble surtout au fond de la cuve, vient seulement de ce que la levûre superficielle détermine une action beaucoup plus vive, tandis que la levûre par dépôt détermine une action plus lente. Dans le premier cas, les bulles d'acide carbonique qui sont beaucoup plus fortes, soulèvent la levûre et maintiennent à la surface les globules de levûre auxquels elles adhèrent. Mais la forme des globules est la même : leur contenu dans les deux sortes de levûre est d'abord transpa-

(1) Dans son mémoire sur la fermentation alcoolique, M. Pasteur (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 323 et suivantes, 1860), désigne ces deux sortes de levûres sous les noms de *levûre supérieure* (*boven-gist.*), et de *levûre inférieure* (*onder-gist.*). Les dénominations de levûre superficielle etde levûre de dépôt qui avaient été adoptées par Gerhardt (Liebig, *Traité de chimie organique*, traduction française, Paris, 1840, t. I, introduction, p. XLII), nous ont paru devoir être préférées et donnent à notre avis une idée plus exacte de la nature des phénomènes.

rent, puis devient grenu. Dans la levûre superficielle, il se forme près d'un globule un autre globule, et sur un autre point un troisième, près desquels il vient s'en former d'autres, en sorte que, au bout de quelque temps, il s'est ainsi produit une suite de globules reliés entre eux, se ramifiant plus ou moins; tous ces globules sont du reste reliés entre eux. Dans la fermentation par dépôt, les globules ne sont pas reliés entre eux, mais restent toujours libres, c'est-à-dire qu'ils se séparent de la cellule génératrice (*moeder celletjes*) aussitôt après leur formation.

L'action des deux sortes de levûre consiste, ainsi que nous l'avons indiqué dans un autre ouvrage (1), en une décomposition du contenu des cellules qui se manifeste d'abord par une dissolution de ce contenu et qui, en poursuivant son cours ultérieur, peut même aller jusqu'à une production d'ammoniaque (2). La décomposition que ces deux sortes de levûre subissent ainsi, s'étend au sucre avec lequel elles se trouvent en contact.

Ainsi, par l'addition de la levûre superficielle ou de la levûre de dépôt, le sucre du moût préalablement bouilli passe à l'état d'activité chimique, et il se produit d'abord de la levûre aux dépens des éléments des parties constituantes de la liqueur : en même temps la quantité de sucre contenue dans cette liqueur diminue tandis que la quantité d'alcool augmente dans la même proportion, et la réaction a lieu dans un rapport tel que 2475 parties (en poids) de sucre de fruits donnent naissance à 1150 parties (en poids) d'alcool, avec dégagement de 1100 parties (en poids) d'acide carbonique : il reste seulement dans la liqueur une petite quantité de ce dernier qui, même dans le cas où il y en a le plus, est toujours moindre que le volume de la liqueur. — Il se produit donc un poids d'alcool égal à la moitié de celui du sucre décomposé, tandis que l'autre moitié nous représente à peu près le poids de l'acide carbonique qui se dégage : nous prenons ici pour formule du sucre de fruits $C^{12}H^{14}O^{14} = 2475$. — Le reste qui est de 225 parties

(1) *De Wijn*, l. c.

(2) Suivant M. Pasteur (*loc. cit.*, p. 376), «l'azote de la levûre ne se transforme jamais en ammoniaque pendant la fermentation alcoolique. Loin qu'il se forme de l'ammoniaque, celle que l'on ajoute, peut même disparaître. » Les expériences que M. Pasteur cite à l'appui de cette proposition, ne nous paraissent pas convaincantes, ni démonstratives.

(en poids), représente deux équivalents d'eau qui se sont séparés de la combinaison.

Bien que ce soit déjà une transformation importante que subit la liqueur, elle n'est cependant pas la seule : aux dépens des parties constituantes du moût, il se produit de la levûre qui se sépare : et cette production de levûre enlève au moût, outre le sucre, une quantité d'autres substances nutritives d'autant plus considérable que la quantité de levûre produite est plus grande. Les parties constituantes nutritives que la production de la levûre enlève ainsi au moût, sont les substances albumineuses qui peuvent assurément être considérées comme tenant le premier rang parmi les substances nutritives et qui, bien que sous une autre forme, constituent le principe nutritif le plus important des grains, et, d'autre part, la dextrine dont il existe une quantité considérable dans le moût. Cette dernière paraît fournir surtout les matériaux de l'enveloppe des cellules de la levûre : la dextrine $C^{12}H^{10}O^{10}$, qui est soluble, se transforme alors en cellulose $C^{24}H^{21}O^{21}$, qui est insoluble. Plus, par conséquent, la quantité de levûre produite est considérable, plus la quantité de dextrine perdue par la liqueur est grande et moins la bière doit être nutritive. Plus la quantité de dextrine qui est transformée en cellulose est grande, plus est considérable la quantité de matière albumineuse qui, formant le contenu des globules de la levûre, disparaît de la liqueur avec la levûre, et plus la bière doit devenir pauvre en celle de ses parties constituantes qui est la plus nutritive, qui est essentiellement nutritive.

La production de la levûre dans la fermentation de la bière n'est donc pas un résultat que l'on doit désirer atteindre par la fermentation ; mais c'est un résultat que l'on ne peut pas éviter. Je ne sais pas si l'on a poussé sur ce sujet les expériences jusqu'au point de déterminer si, suivant que l'on ajoute une quantité plus ou moins grande de levûre à la liqueur que l'on fait fermenter, la quantité de levûre qui se produit, diminue ou augmente : mais il ne paraît pas douteux que l'addition d'une autre quantité de levûre ne doive avoir pour conséquence une augmentation ou une diminution de la quantité de levûre produite. Il est en outre positif que, moins il se produit de levûre, plus la quantité de substances albumineuses et de dextrine qui reste dans

la bière est considérable et plus la bière est nutritive.

Un champ considérable d'expériences nouvelles s'est ouvert ici depuis que cette théorie si étrange dans laquelle on considérait la fermentation comme la conséquence d'une végétation, a fait place à celle dans laquelle on applique à la fermentation la théorie de Stahl sur les molécules en mouvement. Cela du reste ne s'applique pas seulement au point de vue technique, à la préparation de la bière; mais cela s'applique aussi au point de vue scientifique.

Si l'on ajoute de la levûre à une dissolution de sucre pur, la levûre est décomposée : mais, d'autre part, les cellules séparées de la substance propre de la levûre se sont épaissies par une adjonction de cellulose qui n'a pu se former qu'aux dépens du sucre : la levûre qui avait servi à la fermentation, était devenue plus lourde (1).

Nous croyons du reste devoir faire observer que, s'il nous paraît admissible que, partout où il se trouve simultanément de la dextrine et du sucre dans une liqueur fermentée, la substance qui doit servir à la production de la cellulose, est la dextrine et non le sucre, cette hypothèse n'a pas encore reçu la confirmation de l'expérience.

Il n'est pas démontré davantage que, dans la production de la levûre, les nouvelles cellules sont formées par la dextrine et non par le sucre.

Mais ce qui est encore plus important : si l'on sait actuellement d'une manière positive qu'il peut y avoir fermentation sans production de ferment, on sait aussi qu'il peut y avoir fermentation avec production de ferment. Mais on ne sait pas quelle relation existe entre les deux phénomènes et comment la fermentation sans production de ferment vient se relier à la fermentation avec production de ferment.

M. Pasteur a publié récemment (2) sur la fermentation des recherches que nous croyons devoir résumer ici. Ce chimiste

(1) Schmidt, *Annalen der Chem. und Pharm.*, t. LXI, p. 168. — L'expérience de Schmidt et celle de M. Pasteur que nous avons indiquée dans la note de la page 269, nous paraissent conduire seulement à cette conclusion que, dans une liqueur qui contient seulement du sucre, il peut se produire de la cellulose aux dépens de ce sucre.

(2) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVI, p. 179 et p. 857. — *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 323, 1860.

est un des défenseurs de la théorie dans laquelle la fermentation est la conséquence d'une *production* de ferment et non d'une *décomposition* de ferment. Il prend deux quantités égales de levûre fraîche que l'on a préalablement lavée : au moyen de l'une, il fait fermenter de l'eau sucrée : il fait bouillir l'autre avec de l'eau et filtrer pour séparer les cellules de levûre. Il ajoute ensuite à la liqueur claire une quantité de sucre égale à celle qu'il a employée dans le premier cas et une trace de levûre d'un poids peu important. — Il a observé dans le dernier mélange une production de levûre et une décomposition proportionnelle de sucre.

Dans le premier cas, 5 grammes de levûre ont accompli en 6 jours la fermentation de 12gr,9 de sucre qui, au bout de ce laps de temps, était terminée : dans cette opération, les 5 grammes de levûre étaient épuisés.

Dans le dernier cas, l'infusion aqueuse de 5 grammes de levûre a accompli en 9 jours la fermentation de 10 grammes de sucre, qui, au bout de ce laps de temps, était terminée : dans cette opération, les cellules de levûre qui s'étaient formées, étaient épuisées.

M. Pasteur attribue la différence dans la durée de la fermentation et dans la quantité de sucre qui a fermenté, en partie à la quantité plus grande d'eau que l'on a employée dans le second cas, en partie à l'impossibilité d'enlever aux cellules de levûre au moyen de l'eau la totalité de leurs parties solubles. Il aurait pu ajouter en outre un troisième motif, c'est que l'action de l'eau bouillante n'avait pas dû augmenter la puissance active de la substance de la levûre.

D'après M. Pasteur, la cause de la fermentation n'est pas la moisissure de la levûre, mais la production de moisissure de levûre ; la cause de la fermentation est le développement des cellules de levûre aux dépens des substances dissoutes. Son expérience que nous venons d'indiquer, ne peut être en harmonie avec sa proposition que s'il y a une relation entre la quantité de cellules de levûre formée et la quantité de sucre détruite : c'est ce qui n'a encore été démontré expérimentalement par personne. Or, tant que cela n'aura pas encore été prouvé, l'opinion de M. Pasteur, et des autres dont il suit en cela la trace, ne pourra pas être considérée comme valable.

En ce qui concerne le fait qu'il se forme quelques cellules

de levûre lorsque le contenu des cellules de levûre se trouve en contact avec l'eau sucrée, cela prouve seulement qu'il peut aussi y avoir de cette manière une production de nouvelle levûre, mais cela ne prouve aucunement qu'il y ait une relation génétique entre le développement d'un végétal qui constituerait essentiellement la moisissure de levûre et le dédoublement d'un groupe organique, du sucre. La règle est que le dédoublement d'un groupe *a* détermine le dédoublement d'un groupe *b* ; mais en ce qui concerne l'hypothèse que la production d'une cellule peut avoir pour conséquence une décomposition d'une substance organique aussi énergique que peut l'être celle du sucre dans la fermentation, elle serait unique dans tout le règne organique et doit être prouvée d'une manière péremptoire ou doit être rejetée.

Il est en effet suffisamment démontré que, dans la fermentation, il y a dédoublement des parties constituantes de la levûre : il est également prouvé que le dédoublement d'un groupe *a* détermine le dédoublement d'un groupe *b*. Ceux donc qui admettent le dédoublement de la levûre comme cause du dédoublement du sucre, partent d'un point de départ parfaitement déterminé qu'ils ne peuvent abandonner sans tomber dans l'arbitraire.

Si, en même temps que le dédoublement de *a* et le dédoublement de *b* qui résulte du premier, il se produit un développement de cellules, ce sont des actions qui sont indépendantes l'une de l'autre et qui n'ont aucune relation génétique. Et ceux qui admettent une relation génétique entre la production des cellules et la décomposition du sucre, doivent assurément prendre un fait isolé pour preuve qu'il existe une relation quantitative bien nette en dehors de laquelle il n'existe rien autre que l'arbitraire.

Pasteur parle d'une expérience de Thénard souvent répétée, dans laquelle la levûre desséchée à 100° ou chauffée dans l'eau bouillante, conserve la faculté de déterminer la fermentation comme la levûre ordinaire, mais exerce une action un peu plus lente. Il l'a rapprochée de son expérience dans laquelle la liqueur obtenue en faisant bouillir la levûre et en filtrant, a déterminé la fermentation. Il existe en effet un certain rapprochement entre ces deux expériences. Mais en ce qui concerne les conclusions favorables à l'opinion de Pasteur que

l'on peut tirer de l'expérience de Thénard, nous rappellerons l'observation que nous avons déjà faite précédemment et qui s'y applique parfaitement. Il est nécessaire de prouver que, au moyen de la levûre desséchée à 100° ou soumise à l'ébullition avec de l'eau, il se produit une quantité de nouvelles cellules proportionnelle à la quantité de sucre décomposée, et c'est ce que personne n'a prouvé.

La question est transportée par M. Pasteur sur un autre terrain lorsqu'il dit que la levûre qui, après avoir été soumise à l'ébullition avec de l'eau, détermine la fermentation, étant devenue de la levûre ordinaire, tout se passe comme pour le jus du raisin, qui fermente spontanément : il dit en effet quelque chose d'analogue à ce qui suit : le commencement de la fermentation du jus de raisin a lieu sans cellules de levûre : le commencement de la fermentation peut donc avoir également lieu au moyen de cellules de levûre épuisées par l'ébullition. — Nous n'avons pas besoin d'aller plus loin.

La production de la fermentation dans du jus de raisin dans lequel on n'a introduit aucune cellule de levûre, et la progression simultanée de la fermentation ne viennent apporter aucune preuve en faveur d'une *production* de cellules de levûre comme *cause* de la fermentation, lorsqu'on en rapproche la production artificielle de la levûre telle qu'elle a lieu à Schiedam.

C'est une particularité que l'on a trop oubliée. On peut au moyen de farine de grain préparer une quantité considérable de levûre pour une formation d'une petite quantité d'alcool et pour une décomposition d'une petite quantité de sucre, tandis que, dans le jus de raisin, il se décompose une grande quantité de sucre, il se produit une grande quantité d'alcool, mais il ne se forme qu'une petite quantité de levûre.

La production de la levûre et la production de l'alcool ne suivent pas une marche proportionnelle, et l'opinion de M. Pasteur est par suite dénuée de tout fondement. Celui qui connaît la grande quantité de levûre que l'on expédie de Schiedam et sait que 1 $^1/_2$ pour 100 de levûre à l'état sec est une quantité suffisante pour transformer 100 parties de sucre en alcool et en acide carbonique, considère comme inutile la question de savoir où on peut retrouver l'alcool qui s'est produit en même temps à Schiedam. Il n'est pas là.

Il existe donc une production de cellules de levûre, sans

production proportionnelle d'alcool aux dépens du sucre, et, comme on ne peut pas douter du fait, je ne sais vraiment pas comment on peut être en état de prouver qu'il existe une relation positive entre la production de la levûre et la décomposition du sucre.

M. Pasteur pense pouvoir donner du poids à son hypothèse en démontrant que, dans la fermentation, il se perd une certaine quantité de sucre. Il prend deux quantités de levûre fraîche égales en poids ; il lave l'une avec de l'eau et l'autre avec de l'eau sucrée et les dessèche ensuite toutes les deux : la dernière pèse plus que la première. — Il en conclut qu'une certaine quantité de sucre a servi à la nourriture de la levûre. Mais ce résultat n'indique rien autre chose, si ce n'est que, sous cette influence, il s'est produit, si l'on veut, quelques cellules de levûre.— Cela ne prouve rien du reste relativement à la cause de ce qui a lieu dans la fermentation ; ou s'il en est ainsi, il faut que, pendant le lavage de la levûre avec de l'eau sucrée, il se soit formé un peu d'alcool, dont M. Pasteur ne parle pas.

Le fait que, par le lavage avec de l'eau sucrée, le poids des cellules de levûre diminue moins que par le lavage avec de l'eau seule, peut du reste dépendre seulement de ce que l'eau sucrée n'est pas un aussi bon dissolvant du contenu des cellules de levûre que l'eau seule.

M. Pasteur parle de la production de l'ammoniaque dans la décomposition de la levûre. Il admet que l'on a dit que tout l'azote de la levûre se transformait en ammoniaque. Mais, autant que cela est venu à ma connaissance, personne ne l'a prétendu : on a prétendu seulement que, parmi les produits de la décomposition de la levûre, il se trouvait de l'ammoniaque (1).

(1) En ce qui est relatif au fait allégué par M. Pasteur (voir la note de la p. 271) que, loin d'y avoir formation d'ammoniaque pendant la fermentation alcoolique, celle que l'on ajoute peut disparaître, il n'a rien qui doive précisément nous étonner : 1° si nous admettons avec M. Pasteur (voir la note de la p. 269) qu'il peut se produire de la levûre dans un milieu formé de sucre, d'un sel ammoniacal et de phosphates; 2° si nous nous rappelons ce fait que, pendant la fermentation, il y a production d'un acide qu'une certaine quantité d'ammoniaque a pu saturer ; mais il ne prouve pas que, par la décomposition ultérieure de la levûre qui est une matière azotée, il ne puisse pas se produire d'ammoniaque.

En ce qui concerne le fait que, dans la levûre épuisée, il existe moins d'azote que dans la levûre fraîche, M. Pasteur l'explique en disant que l'azote de la levûre ordinaire se répartit entre les cellules de cette levûre et les nouvelles cellules de levûre qui se sont formées aux dépens du sucre.

Nous trouvons ici une nouvelle preuve de l'inexactitude de l'opinion de M. Pasteur et de tous ceux qui attribuent à une production de cellules de levûre la cause de la fermentation. Les cellules sont saines ou dégénérées.

Les cellules de levûre à l'état sain doivent contenir une quantité déterminée de substance albuminoïde. Cette quantité peut varier entre certaines limites. Pour les cellules de levûre à l'état sain, les limites sont fixes.

Introduisons dans de l'eau sucrée des cellules de levûre qui, à l'état sain, contiennent par exemple 10 pour 100 d'azote et laissons fermenter le tout. On trouve après la fermentation, dans l'excès d'eau sucrée, de la levûre entièrement épuisée qui ne contient plus qu'une très-petite quantité d'azote, 3 pour 100, et qui n'est plus en état de déterminer aucune fermentation. La production de ces produits tout à fait dégénérés qui ont perdu leurs facultés naturelles, est pour M. Pasteur la cause de la fermentation.

Il faut en effet que l'on mette beaucoup de persistance à soutenir une opinion si elle n'est pas écartée par de tels résultats.

Bien qu'il n'ait aucune preuve plus décisive à ajouter de la consommation du contenu des cellules de levûre, pendant la fermentation et par la fermentation, que la perte de substance, M. Pasteur la considère comme une preuve de son opinion. De ce que 100 livres de poudre à canon ont été consommées par le coup de canon de manière à ne laisser que 5 livres de résidu, M. Pasteur en conclut que le coup est la conséquence d'une production de nouvelle poudre à canon.

Le pauvre état des cellules nouvellement formées et la vacuité des cellules épuisées prouvent précisément, s'il est besoin d'en donner une preuve nouvelle, que l'épuisement, la transformation, la décomposition, le dédoublement des matières albumineuses viennent se rattacher intimement à la décomposition du sucre et que les nouvelles cellules dégénérées qui sont rondes et en forme de sac, mais ne sont pas de la levûre, qui portent improprement et par manque d'une expres-

sion convenable le nom de levûre, doivent être sans action ; que, par conséquent, la production de la levûre ne se rattache avec la fermentation par aucune relation d'origine. Ou bien, s'il en est ainsi, la fermentation est la conséquence d'une production de levûre dégénérée et non de levûre saine ; or personne ne l'a encore démontré et la fermentation de la bière peut en être une réfutation. En effet la fermentation de la bière est une bonne fermentation et produit de bonne levûre.

Le fait que, dans la fermentation, il peut se produire de la levûre dégénérée, aussi bien que de la levûre saine, est bien connu : on sait également qu'une petite quantité de sucre échappe au dédoublement en alcool et en acide carbonique. Hoffman, Graham et Redwood ont trouvé comme résidu de la fermentation une matière extractive s'élevant à une quantité de 3 p. 100. M. Pasteur a indiqué dans ce résidu comme en faisant partie normalement l'acide succinique dont la quantité pouvait s'élever à environ $^1/_2$ pour 100 de la quantité de sucre employée. Après avoir vaporé le liquide qui reste après la fermentation du sucre, on le précipite par un sel d'argent, puis on décompose le sel d'argent par l'hydrogène sulfuré. — On peut aussi évaporer jusqu'à consistance d'extrait et traiter par l'éther au moyen duquel on obtient immédiatement l'acide succinique, ou, s'il n'apparaît pas de cristaux, ce qui peut venir de ce qu'il y a en même temps de l'acide lactique, on sature par la chaux et on traite par l'alcool faible dans lequel le succinate de chaux est soluble. — M. Pasteur a trouvé également de l'acide succinique dans le vin.

Il a en outre trouvé de la glycérine dans l'extrait qui reste après la fermentation du sucre.

Enfin M. Pasteur (1) émet l'opinion que l'acide lactique n'est pas un produit particulier de la fermentation alcoolique, mais qu'il provient d'une autre sorte de fermentation qui se produit simultanément par l'action d'une levûre de nature particulière dont les globules sont plus petits que ceux de la levûre ordinaire. Si donc, en même temps que l'alcool, il se produit de l'acide lactique, il pense que cela vient de ce qu'il se produit

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVII, p. 224. — *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVIII, p. 323 et suivantes, 1860.

simultanément deux sortes de fermentation qui sont toutes deux les produits de leur levûre spéciale. — Quant au fait que, dans toute fermentation, la liqueur devient acide, il pense que cela est une conséquence de ce qu'il se produit toujours de l'acide succinique. La réaction acide de la liqueur pourrait cependant être attribuée avec plus de raison à la présence de l'acide phosphorique qui apparaît toujours comme produit de décomposition du ferment et qui ne fait défaut dans aucun extrait restant après une fermentation de sucre.

La quantité de levûre que l'on ajoute dans la préparation de la bière, varie non-seulement suivant l'espèce de bière, mais aussi suivant la température de l'air. Dumas (1) indique la quantité de levûre que l'on emploie ordinairement en France comme s'élevant, pour la petite bière, à 18 pour 10000 en été, à 22 pour 10000 au printemps et à l'automne, et à 25 pour 10000 en hiver ; et celle que l'on emploie pour la bière forte comme s'élevant, en été, à 20 pour 10000, au printemps et à l'automne à 30 pour 10000 et en hiver à 35 pour 10000. Mais la nature de la levûre doit influer aussi sur la quantité de cette levûre que l'on doit employer : en effet Balling indique pour la même quantité de moût des quantités de levûre beaucoup plus faibles, 5 à 11 et 16 parties comme étant les plus convenables.

Les bières anglaises qui fermentent à une température plus basse, nécessitent une quantité de levûre plus forte variant de 25 à 100 pour 10000 de moût.

Il doit y avoir là une source importante de différence dans la qualité de la bière : mais on n'est pas encore à cet égard remonté de la différence à la cause. L'addition d'une quantité considérable de levûre doit nécessairement produire, même à une basse température, une fermentation très-vive dans laquelle il ne doit se consommer qu'une portion plus faible des substances albumineuses de la bière. Une pareille bière doit être très-nutritive. Mais pourrait-elle aussi se conserver longtemps !

En outre, la levûre est composée, en partie de cellules actives dont le contenu est actif, en partie de cellules qui ont perdu une quantité plus ou moins grande de leurs facultés

(1) *Chimie appliquée aux arts*, t. VI, p. 466.

actives et qui peuvent même les avoir perdues tout à fait. Comment peut-on, d'après ce que nous venons de dire, déterminer avecprécision la quantité de levûre que l'on ajoute? S'il y avait seulement *production* de levûre, on n'aurait dans la levûre que des cellules actives ; mais comme la *production* de levûre est précédée d'une décomposition de levûre, toutes les cellules qui proviennent de la levûre ajoutée d'abord, sont mélangées avec la levûre de nouvelle formation.

De là provient, entre autres, une cause de différence dans la composition de la levûre que l'on ne peut pas éviter.

Il se présente ici un inconvénient auquel je ne connais aucun palliatif. Les cellules de levûre fermentent et se rassemblent au fond de la cuve sous forme de cellules inactives, vides, épaisses, devenues plus lourdes. Dans la fermentation superficielle dans laquelle la levûre superficielle qui se rend à la surface, est recueillie pour servir à déterminer une fermentation nouvelle, les cellules inactives ne nuisent pas. Dans la fermentation avec dépôt au contraire, dans laquelle la levûre que l'on doit recueillir pour servir à une fermentation ultérieure, se rassemble au fond de la cuve, une quantité de plus en plus grande de levûre épuisée se trouve toujours mélangée avec la levûre de dépôt. La levûre doit donc de cette manière devenir de moins en moins active. J'ai lu du reste que l'on avait conseillé de remplacer de temps en temps la levûre par de la levûre provenant d'une autre brasserie ; mais il paraît résulter de ce que nous avons indiqué qu'il est nécessaire de rejeter de temps en temps la levûre de dépôt et de la remplacer par de la levûre de dépôt récemment préparée.

Après ces observations générales sur la fermentation, nous pouvons examiner en particulier la fermentation superficielle et la fermentation par dépôt.

Fermentation superficielle. — La fermentation superficielle exige une température plus élevée : elle se produit par l'action de la levûre superficielle et présente une marche plus rapide. Il en résulte que, dans le même temps, une quantité plus grande de sucre est transformée en alcool et en acide carbonique; que le mouvement qui se produit à l'intérieur de la liqueur, est beaucoup plus vif; qu'il se dégage des bulles d'acide carbonique plus grosses; que ce gaz, plus léger, soulève à la surface une plus grande quantité de levûre; que, par consé-

quent, il apparaît à la surface de la liqueur plus d'écume et qu'il s'y rassemble une plus grande quantité de levûre que l'on peut recueillir.

Le moût qui était clair et qui est devenu plus ou moins trouble par l'addition d'une petite quantité de levûre dans la cuve-matière, se trouble toujours de plus en plus jusqu'à un certain degré par suite de la formation de nouvelle levûre qui a lieu. La température du liquide qui fermente, s'élève dans ce cas au-dessus de celle de l'air ambiant : elle s'élève par exemple à une température de 11° à 14° pour une température de l'air ambiant variant de 6° à 14°, et cette élévation de la température suit une marche proportionnelle au développement de la puissance de la fermentation. L'écume qui s'est rassemblée à la surface et qui était d'abord blanche, brunit par l'action de l'air ; le mouvement qui se produit à l'intérieur de la liqueur, diminue peu à peu d'intensité : l'écume descend au fond, et la température de la liqueur s'abaisse ; la première période de la fermentation, la fermentation primaire, est alors terminée. Le moût est transformé en bière.

Dans la fermentation superficielle, on ne laisse cependant pas la bière fermenter complétement dans la cuve-guilloire. Le moût que l'on a transvasé du bac refroidissoir dans la cuve-guilloire, doit avoir subi d'abord un refroidissement déterminé et avoir été amené à une température qui varie suivant que ce moût doit servir à préparer de la bière que l'on doive consommer immédiatement, ou suivant qu'il doit être employé à la préparation de la bière de garde. Le refroidissement que l'on doit faire subir au moût avant de le transvaser dans la cuve-guilloire, doit l'avoir amené à une température d'environ 20° pour les bières jeunes que l'on veut faire fermenter par fermentation superficielle : pour les bières de garde que l'on désigne en Hollande sous le nom de *oude bieren* (vieilles bières), le moût a besoin d'être refroidi préalablement jusqu'à 14°. Le moût, contenu dans la cuve-matière, reçoit alors une addition de levûre et commence à fermenter. Mais on n'y laisse pas la fermentation s'accomplir entièrement. Pour la préparation des bières jeunes, on soutire le moût dans des tonneaux plus petits, aussitôt que la fermentation est bien en marche, et on laisse la fermentation se terminer dans ces tonneaux plus petits ; ce transvasement de la cuve-

guilloire dans des tonneaux plus petits peut déjà, en été, avoir lieu au bout d'une heure et demie.

Le moût, destiné à la préparation des bières de garde, doit rester plus longtemps dans la cuve-guilloire ; cependant, dans la préparation de ces bières, on interrompt également la fermentation primaire et on transvase, comme dans la préparation des bières jeunes, la liqueur dans des tonneaux plus petits dans lesquels on leur fait subir la fermentation soi-disant complémentaire. Cette fermentation complémentaire ne présente du reste rien qui la distingue de la fermentation principale, si ce n'est qu'elle est moins vive.

Pour les deux sortes de bière, les tonneaux sont disposés deux par deux dans le cellier, de telle façon que leurs ouvertures soient légèrement penchées l'une vers l'autre : la levûre sort sous forme d'écume par ces ouvertures et est recueillie dans de petites cuves placées sous les tonneaux. On doit avoir soin de remplir de temps en temps les tonneaux pour accélérer autant que possible la séparation de la levûre à laquelle la présence d'une certaine quantité de la substance amère du houblon communique une saveur amère et pour pouvoir la faire écouler hors du tonneau que l'on a ainsi complétement rempli. Toutefois, il se dépose aussi du ferment au fond de la cuve. Lorsqu'il cesse de s'élever de l'écume, ce qui a lieu pour les bières jeunes au bout de 3 à 4 jours, on transvase la bière dans d'autres tonneaux, et on la livre à la consommation. Pour la préparation de la bière de garde, on laisse reposer le tout pendant quelque temps dans le tonneau et on transvase au moyen d'une pompe la liqueur claire dans d'autres tonneaux dans lesquels elle subit tranquillement la fermentation complémentaire et devient ainsi de la bière de garde.

Fermentation par dépôt. — La fermentation par dépôt exige pour sa mise en activité une température plus basse et nécessite l'emploi de levûre de dépôt : sa marche est généralement plus lente. La liqueur se trouble également ici par suite d'une production de levûre; mais cette levûre se produit plus lentement. L'élévation de température qui se produit pendant la fermentation, est peu considérable et s'élève à peine à plus de 4 à 5 degrés (1). Il monte à la surface une quantité d'écume

(1) D'après les expériences de Habich (*Dingler's Journal*, t. CXLVIII, p. 379), il n'y a production de chaleur que dans la fermentation avec *production de*

bien moins considérable, ce qui vient de ce que les bulles d'acide carbonique qui se produisent dès le commencement de la fermentation, sont trop petites pour soulever les globules de levûre jusqu'à la surface de la liqueur, et les y faire flotter : dans tous les cas, les globules de ferment retombent de suite au fond pour être soulevés de nouveau légèrement et retomber de nouveau. La fermentation par dépôt exige, par suite, en général une quantité de temps plus que double de celle qu'exige la fermentation superficielle et qui dépend, comme cette dernière, de la température de l'air ambiant : la durée de la fermentation par dépôt est généralement de 7 à 9 jours, tandis que la fermentation superficielle peut être terminée au bout de 2 jours et même quelquefois au bout d'un temps encore plus court : rarement, elle dure plus de 4 jours.

Dans la fermentation par dépôt, le moût doit subir un refroidissement plus fort que dans la fermentation superficielle : pour la préparation de la soi-disant bière d'été, la température du moût doit être abaissée jusqu'à environ 6° : pour la

levûre, tandis que, dans la fermentation avec *consommation de levûre*, il y a plutôt un léger abaissement de température.

Habich a mélangé 30 livres d'une dissolution aqueuse de sucre qui contenait 12,7 pour 100 de sucre, avec une demi-livre de levûre en bouillie et a fait fermenter le tout dans une cuve en bois munie d'un couvercle. Il a obtenu ainsi les résultats suivants :

Jours. Avril.	Température de la cave (en degrés Fahrenheit.)	Température de la liqueur en fermentation (en degrés Fahrenheit.)	Quantité de sucre pour cent dans la liqueur.
12	52	52	12,7
13	52,5	51,5	11,9
14	53	51,5	9,8
15	52,5	51,5	7,8
16	52,5	51,75	6,1
17	53,75	53	4,6
18	54	53	3,3
19	54	52,5	2,0

Il y a donc ici une diminution de température qu'Habich attribue au dégagement d'acide carbonique ; mais si, pour la production de l'acide carbonique, une certaine quantité de chaleur est nécessaire, une certaine quantité de chaleur doit, d'autre part, devenir libre dans tous les cas par suite de la *décomposition* de la levûre.

Comme il a vu que, en même temps qu'il se produisait de la levûre, la température s'élevait, pendant la fermentation du moût, proportionnellement à la

préparation de la soi-disant bière d'hiver, la température du moût doit être abaissée jusqu'à 8°. On met le moût dans une grande cuve-guilloire et on le mélange avec de la levûre de dépôt. On doit, dans ce cas, mélanger le moût et la levûre avec beaucoup plus de soin que dans la fermentation superficielle, parce que, sans cela, la fermentation s'opérerait beaucoup plus lentement. Au bout de quelques heures, on observe à la surface une petite quantité d'écume qui augmente et peut se maintenir pendant deux jours et qui diminue ensuite.

Quoi qu'il en soit, il se dépose de la levûre au fond de la cuve, et la quantité de levûre qui se dépose ainsi, est bien plus considérable que la quantité de levûre qui se produit dans la fermentation superficielle. Lorsque la levûre s'est ainsi déposée au fond de la cuve et lorsque, par suite, la bière qui était trouble, pendant que la fermentation était dans toute sa force, est redevenue claire, ce qui a lieu au bout de 7 à 9 jours, on la transvase, en ayant soin de la tenir aussi claire et aussi exempte de ferment que possible, de la cuve-guilloire dans

quantité de sucre qui se décomposait, et comme il n'a observé dans la *décomposition de la levûre* aucune élévation de température, il en conclut que la chaleur qui devient ordinairement libre pendant la fermentation de la bière, est la conséquence d'une *production de levûre.*

Je suis d'une opinion contraire à cette conclusion.

Dans une fermentation dans laquelle il y a seulement décomposition de sucre, il ne se produit pas un refroidissement plus prononcé que celui qui provient de l'évaporation de l'eau qui se dégage avec l'acide carbonique. Si c'était la grande quantité de chaleur que l'acide carbonique exige pour sa production qui détermine le refroidissement, ce refroidissement serait beaucoup plus grand.

De plus, la production, pas plus que la décomposition d'une combinaison chimique, ne détermine pas une production de froid : une certaine quantité de chaleur doit donc *incontestablement* être mise en liberté dans la fermentation, même lorsqu'il ne se produit en même temps qu'une *décomposition de levûre.*

Relativement au fait qu'une plus grande quantité de chaleur devient libre dans la fermentation lorsqu'il y a en même temps *production de levûre,* il s'explique très-bien en partant du même principe : lorsqu'il y a *production de levûre,* il y a en même temps décomposition de levûre : *deux* actions chimiques se produisent donc simultanément, et ces *deux* actions chimiques doivent exercer sur le thermomètre une action plus prononcée qu'une seule.

J'admets les faits indiqués par Habich ; mais son explication me paraît inexacte.

Il est digne de remarque que Habich admet ici une fermentation « dans laquelle il y a une consommation de ferment. » D'après la théorie qu'il admet pour la fermentation, il ne peut pas y en avoir, et cependant chacun est obligé d'admettre que cela a lieu.

d'autres tonneaux dans lesquels elle continue à fermenter, mais lentement. Il s'y produit également une fermentation complémentaire qui est d'autant plus vive qu'il est resté plus de ferment dans la bière. Cette circonstance détermine aussi le degré de promptitude avec lequel la bière doit être consommée. La fermentation complémentaire doit ici, sous tous les rapports, être considérée comme se rapprochant de cette période de la fermentation que nous décrirons plus loin sous le nom de *fermentation tertiaire*, et que nous retrouvons complétement dans la fermentation complémentaire de ces bières que l'on prépare en Hollande au moyen de la fermentation superficielle et que l'on désigne sous le nom de *oude bieren* (vieilles bières).

Lorsque la bière a subi la fermentation par dépôt, on la transvase dans d'autres tonneaux que l'on doit placer dans des caves froides, afin que la bière y subisse lentement la fermentation complémentaire.

Dans la fermentation par dépôt, une partie du sucre est également transformée en alcool et en acide carbonique : la saveur de la liqueur devient par suite moins douce, et cette liqueur devient plus alcoolique. En outre, il se sépare de la dextrine et des matières albumineuses sous forme de ferment, et la bière devient par suite proportionnellement moins nutritive. Mais, dans la fermentation par dépôt, il se produit en outre une transformation particulière qui dépend de la lenteur de l'opération ; je veux parler de la production d'une certaine quantité d'acide lactique qui communique à la bière une saveur acidule. La production de l'acide lactique ne fait pas entièrement défaut dans la fermentation superficielle, mais elle a lieu dans une proportion bien plus faible. Dans la fermentation par dépôt, la quantité d'acide lactique produit est quelquefois considérable. Plus la marche de la fermentation est lente, plus la quantité d'acide lactique produit est considérable. Dans les bières de Bavière et dans un grand nombre de bières belges, qui toutes sont préparées au moyen de la fermentation par dépôt, il existe des quantités considérables d'acide lactique. Il se produit aux dépens du sucre de fruits un soi-disant déplacement de molécules $C^{12}H^{12}O^{12} = 2C^6H^5O^5 + 2HO$. La petite quantité d'acide lactique qui s'y trouve ainsi, ne peut pas être nuisible, puisqu'il y a en même temps de l'alcool.

La bière, préparée par fermentation par dépôt, est déjà par

cela même susceptible de se conserver plus longtemps que celle qui a été préparée par fermentation superficielle. Elle peut très-rapidement être obtenue claire et ne plus contenir de levûre. Au bout de quelque temps, il se dépose encore de la levûre ; on soutire alors la bière dans un autre tonneau dans lequel on la conserve. Mise en bouteilles, elle ne mousse que très-peu lorsqu'on la verse : cette particularité mérite à notre avis d'être examinée de plus près.

La différence entre la fermentation superficielle et la fermentation par dépôt est suffisamment importante pour mériter d'arrêter notre attention encore plus longtemps. Les végétaux qui constituent la levûre, sont, ainsi que nous l'avons dit, les mêmes dans la levûre superficielle et dans la levûre de dépôt. Dans la première, les globules adhèrent ensemble pour la plupart : c'est la seule différence que l'on puisse observer. On ne peut, du reste, trouver aucune différence, ni dans la forme, ni dans la composition, et lors même que l'on aurait trouvé de la différence, il y a quelquefois plus de différence entre deux sortes de levûre superficielle qu'entre la levûre superficielle et la levûre de dépôt.

Strecker (1), se basant sur les expériences de Schlossberger (2), a assigné à ces deux sortes de levûre la composition suivante :

	LEVURE SUPERFICIELLE.	LEVURE DE DÉPÔT.
Carbone.....	49,4	47,6
Hydrogène.....	6,7	6,3
Azote.....	12,4	9,8
Oxygène et soufre	31,5	36,3

Mais on ne trouve pas, pour deux sortes de levûre superficielle, la même composition, pas plus que pour deux sortes de levûre de dépôt. Trois sortes de levûre, provenant de Schiedam, qui ont été analysées comme telles, ont fourni, pour leur composition, les résultats suivants (3) :

(1) *Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie*, 1853, p. 401.
(2) *Annalen der Pharm.*, t. LI, p. 200.
(3) *Scheik. onderz.*, t. II, p. 444.

Carbone	50,9	50,3	50,0
Hydrogène	7,2	7,0	7,0
Azote.....	11,0	9,4	8,4
Oxygène et soufre.	30,9	33,3	34,6

On reconnaît évidemment, par l'examen des chiffres qui précèdent, qu'il peut exister une grande différence entre deux levûres. Il ne peut, du reste, pas en être autrement, puisque la levûre est une vésicule de cellulose, remplie d'un contenu albumineux et, comme la quantité du contenu albumineux peut varier, cela seul peut déterminer une différence dans la composition. Le principe actif de ce contenu est toujours le même. Si on l'épuise par l'acide acétique et si on précipite ensuite par l'ammoniaque, le précipité présente exactement la composition de l'albumine végétale, du gluten ou de l'albumine animale : on ne doit pas tenir compte du soufre, parce que le soufre de la levûre n'a pas encore été déterminé. On a réuni, dans le tableau suivant, la composition de ces diverses substances, afin de pouvoir mieux en faire la comparaison :

	SUBSTANCES albumineuses de la levure (1).	ALBUMINE du sang (2).	CASÉINE animale (3).	ALBUMINE de l'œuf (4).	ALBUMINE du froment (5).	GLUTEN du froment (6).
Carbone	53,4	53,4	53,8	53,5	53,9	53,8
Hydrogène.....	7,0	7,1	7,1	7,0	6,9	7,0
Azote.....	15,8	15,6	15,6	15,5	15,6	15,6
Oxygène et soufre..	23,8	23,9	23,5	24,0	23,6	23,6

Si, dans toutes ces substances, la quantité de soufre n'était pas différente (de plus, dans quelques-unes, il existe du phosphore, tandis que, dans d'autres, il n'y en a pas), on pourrait

(1) *Scheik. onderz.*, t. II, p. 451.
(2) *Scheik. onderz.*, t. IV, p. 226.
(3) *Scheik. onderz.*, t. IV, p. 396.
(4) *Scheik. onderz.*, t, IV, p. 398.
(5) *Bulletin de Néerlande*, 1838, p. 111.
(6) *Scheik. onderz.*, t. IV, p. 154 et t. II, p. 404.

considérer comme identiques toutes ces substances qui se rapprochent également par leurs principales propriétés. Elles ne sont cependant pas identiques, bien qu'elles contiennent toutes le même groupement organique comme partie constituante fondamentale. Assurément, aucun de ceux qui auront observé cette concordance entre les résultats analytiques, ne pourra émettre une opinion contraire à celle que nous exprimons ici. Ce fait que j'ai déjà signalé il y a dix-neuf ans, je suis encore obligé de le faire ressortir ici de nouveau.

Nous avons, par ce que nous venons de dire, suffisamment élucidé la nature de la partie constituante active de la levûre.— Mais nous n'avons pas fait voir les différences qui distinguent ces matières albumineuses les unes des autres.

Il nous suffit de savoir que le contenu des vésicules de levûre, dans la fermentation superficielle, aussi bien que dans la fermentation par dépôt, est sous tous les rapports une véritable substance albumineuse qui, avec l'adjonction de quantités variables de cellulose ou de vésicules, $C^{24}H^{21}O^{21}$, constitue la levûre et que cette substance présente une grande tendance à se décomposer et surtout à passer à un degré supérieur d'oxydation (p. 268).

On peut facilement, au moyen de la levûre superficielle, produire de la levûre de dépôt : mais le contraire n'est pas facile. En ajoutant de la levûre superficielle à un moût que l'on a fait refroidir jusqu'à la température à laquelle la fermentation par dépôt a lieu, il se produit une fermentation partielle par dépôt : si la levûre qui s'y produit, est ajoutée de nouveau à un moût que l'on a refroidi à une basse température, la levûre qui prend naissance dans la fermentation ainsi déterminée, présente de plus en plus le caractère d'une levûre susceptible de déterminer une fermentation par dépôt. En répétant plusieurs fois la même opération, on prépare au moyen d'une levûre superficielle de la levûre de dépôt (1).

(1) La levûre de Schiedam, légèrement desséchée, constitue une levûre de dépôt parfaite. Elle est éminemment convenable pour les expériences chimiques en petit, notamment pour déterminer l'acide carbonique qui se dégage dans la décomposition du sucre, ou pour rechercher si, dans une substance, il existe du sucre. Dans la fermentation qu'elle détermine, il ne monte pas à la surface une seule cellule de levûre sous forme d'écume ; mais l'acide carbonique se dégage régulièrement de la surface des cellules de levûre qui restent au fond du vase

En ce qui concerne la différence qui existe entre la levûre superficielle et la levûre de dépôt, elle peut provenir d'une plus grande épaisseur des parois des cellules à travers lesquelles la substance albumineuse doit passer pour se rendre au dehors et déterminer la production de la fermentation, ou d'une moindre tendance à se décomposer que présente le contenu albumineux des cellules de levûre de dépôt. Pour parler franchement, on ne connaît pas la raison de leur différence. Mais cela ne présente aucun inconvénient pour le but que nous nous proposons d'atteindre : en effet c'est le degré de force de la levûre et non sa nature qui a de l'influence.

Des expériences de Schlossberger (1), on ne peut donc pas conclure que la levûre de dépôt contient moins de substances albumineuses que la levûre superficielle, bien qu'il y ait trouvé moins d'azote : en effet, dans deux sortes de levûre de Schiedam, j'ai trouvé encore moins d'azote, ainsi qu'on peut le voir par la comparaison des résultats qui suivent :

	Schlossberger.				Mulder.		
	Levûre superfic.		Levûre de dépôt.		Levûre de Schiedam.		
Azote..	11,6 ..	12,2 ..	9,6 ..	9,6	11,0 ...	9,4 ...	8,4

précisément comme cela a lieu lorsqu'on traite un morceau de marbre par l'acide chlorhydrique étendu. Lorsqu'on l'emploie à l'état frais, la levûre de Schiedam s'élève en partie à la surface sous forme d'écume : elle est alors un mélange de levûre superficielle et de levûre de dépôt.

Dans la fermentation superficielle, on rencontre deux sortes de levûre, l'une qui s'échappe par l'ouverture des tonneaux, préalablement remplis, dans lesquels la bière subit la fermentation complémentaire ou qui s'échappe également par l'ouverture des tonneaux lorsque le moût est introduit, immédiatement après la cuisson, dans des tonneaux dans lesquels la fermentation s'accomplit entièrement, et l'autre qui se dépose au fond. On ne possède pas encore de ces deux levûres une analyse assez satisfaisante pour pouvoir les comparer. Elles se distinguent cependant déjà par leur aspect : celle qui se dépose au fond de la cuve, ne forme pas une masse cohérente : celle qui est rejetée sous forme d'écume, est visqueuse.

Si l'on fait abstraction de la saveur amère qui est communiquée par une certaine quantité de substance amère du houblon à la levûre superficielle que l'on recueille à la surface de la liqueur sous forme d'écume, les deux sortes de levûre, ainsi que la levûre de dépôt, sont également bonnes pour l'usage journalier.

(1) *Annalen der Pharm.*, t. LI, p. 200.

Liebig (1) a donné une explication tout à fait inexacte de la différence qui existe entre la levûre superficielle et la levûre de dépôt. Suivant ce chimiste, la levûre superficielle est atteinte de putréfaction et détermine dans le sucre une décomposition de même ordre : la fermentation par dépôt se produit par le contact avec le gluten qui s'est oxydé. Dans la fermentation superficielle, il doit par conséquent se produire, outre l'alcool et l'acide carbonique, une autre substance, ce qui ne doit pas avoir lieu dans la fermentation par dépôt. Le produit accessoire qui prend ainsi naissance dans la fermentation superficielle, doit être surtout de l'acide acétique. D'après Liebig, il ne doit donc y avoir presque pas de gluten dans la bière préparée au moyen de la fermentation par dépôt, tandis qu'il doit y en avoir une très-grande quantité dans la bière préparée au moyen de la fermentation superficielle, et cette dernière doit présenter beaucoup de tendance à devenir acide, tandis que, dans la première, il ne doit se produire qu'une quantité très-faible d'acide acétique.

Si l'on excepte la dernière observation qui est exacte, tout le reste est inexact.

La levûre superficielle est-elle atteinte de putréfaction ?

Schmidt (2) a prouvé que la colle forte putréfiée, la viande putréfiée, ou bien la levûre putréfiée, introduites dans une dissolution de sucre, perdent tous les caractères de la putréfaction et donnent une liqueur d'une saveur agréable.

Mais si nous considérons l'expression à un point de vue général, nous ne trouvons rien qui puisse nous satisfaire dans l'ensemble de l'explication de Liebig en ce qui concerne la différence qui existe entre la fermentation superficielle et la fermentation par dépôt. — Il est positif qu'il sera difficile de trouver une explication satisfaisante : en effet la cause et le résultat se réunissent pour rendre difficile la réponse à la question.

On peut à volonté faire subir à un même moût la fermentation superficielle ou la fermentation par dépôt, en y ajoutant de la levûre superficielle ou de la levûre de dépôt, pourvu que ce moût ait été préalablement amené

(1) *Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie*, t. I, p. 785.
(2) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXI, p. 177.

à une température convenable. La première impression dépend donc de la nature de la levûre : or cette première impression est la cause déterminante de tout le phénomène, puisque la levûre de dépôt, par l'action lente à laquelle elle donne lieu, ne peut produire que de la levûre de dépôt, tandis que la levûre superficielle, par l'action vive qu'elle détermine, peut seulement donner naissance à de la levûre superficielle. Lorsque l'action est lente, l'air est moins complétement éloigné de la liqueur, que lorsque l'action est très-vive : en effet, dans ce dernier cas, la masse d'acide carbonique qui se dégage chasse l'air.

La cause de tout le phénomène réside donc dans l'impression primitive que l'une ou l'autre des deux sortes de levûres a faite sur le moût. Mais de là résulte une différence d'action qui réagit d'une manière déterminée sur tout le phénomène.

Pour pouvoir expliquer la différence qui existe entre la fermentation superficielle et la fermentation par dépôt, la connaissance de la différence entre la levûre superficielle et la levûre de dépôt nous serait nécessaire : or cette connaissance nous fait entièrement défaut. Dans la levûre superficielle, il existe une substance plus active : dans la levûre de dépôt, il existe une substance moins active : c'est tout ce que nous savons. L'une des substances agit de la même manière que l'autre ; toutes les deux décomposent en effet le sucre : mais l'une le décompose plus rapidement que l'autre.

Nous pouvons, en nous tenant à l'expression du fait, y joindre en outre la règle que tout corps donne naissance à son semblable et que par conséquent, dans le cas dont nous nous occupons, la substance qui exerce une action vive, ou la levûre superficielle, donne naissance à une substance qui exerce une action vive, et que la levûre qui exerce une action lente, donne naissance à de la levûre de dépôt.

Ces deux faits étant admis, ils peuvent nous être utiles dans l'examen ultérieur du phénomène, lorsque nous soulevons la question suivante : que se passe-t-il dans la fermentation dont la marche est lente ? Que se passe-t-il dans la fermentation dont la marche est rapide ?

Dans la fermentation dont la marche est lente, l'oxygène de l'air a certainement un accès plus facile : mais l'accès plus ou moins facile de l'oxygène de l'air ne détermine pas

le phénomène : il n'a même peut-être pas la moindre influence (1).

Dans la fermentation dont la marche est lente, il ne se produit pas une élévation de température aussi considérable : mais l'élévation de température est la conséquence et n'est assurément pas la cause d'une action quelconque.

La fermentation lente est la cause qui détermine aux dépens du sucre la production non-seulement de l'alcool et de l'acide carbonique, mais aussi d'autres substances qui ne se produisent pas dans la fermentation dont la marche est rapide. C'est là un autre fait dont on peut sans difficulté reconnaître la généralité; il a été du reste pleinement confirmé par l'expérience. En effet dans toutes les bières qui sont le produit d'une fermentation par dépôt, il se produit de l'acide lactique : dans la bière provenant de fermentation superficielle, l'acide lactique n'est qu'en petite quantité. Lorsqu'il y a production d'acide lactique, il ne se produit pas en même temps de l'acide acétique : là où il existe une quantité considérable d'acide lactique, il ne peut pas facilement se produire de l'acide acétique.

Cela nous fournit une différence importante entre les bières produites au moyen de la fermentation par dépôt et les bières produites au moyen de la fermentation superficielle. Les premières peuvent être exposées à l'air sans que l'alcool s'y transforme facilement en acide acétique : en effet l'acide lactique empêche cette transformation. Les dernières au contraire ne contiennent que peu d'acide lactique : l'alcool peut donc y passer à l'état d'acide acétique par l'action de l'air.

Il existe cependant entre les bières obtenues au moyen de la fermentation superficielle et les bières obtenues au moyen de la fermentation par dépôt une différence plus prononcée qui se rattache à la différence du mode de fermentation et qui peut en être ou la cause ou bien le résultat.

Je veux parler de la possibilité de produire de nouveau ferment.

Suivant Liebig, il ne doit rester dans la bière préparée au moyen de la fermentation par dépôt qu'une quantité tout à fait peu considérable de substances albumineuses, tandis que la

(1) *De Wijn scheikundig beschouwd*, p. 44.

bière obtenue par fermentation superficielle doit au contraire en tenir de grandes quantités en dissolution. Si cela était réellement, les bières de Brabant, de Bavière et beaucoup d'autres bières devraient manquer de la partie constituante qui est surtout nutritive et devraient par suite venir après la bière jeune de Hollande la plus simple.

Cela n'est positivement pas exact : il n'existe pas moins de matières albumineuses dans les bières obtenues au moyen de la fermentation par dépôt : au contraire, il s'en trouve plus ; mais ces matières albumineuses ne sont pas à l'état convenable pour pouvoir servir à la production de la levûre, état sous lequel elles se trouvent dans les bières préparées par fermentation superficielle, du moins tant qu'elles sont jeunes.

Si on verse d'une cruche de la bière que l'on désigne en Hollande sous le nom de *versch bier* (bière jeune), elle est d'abord claire au moment où on la verse. Mais si on la laisse reposer quelque temps dans le verre, elle mousse et se trouble, d'autant plus qu'elle séjourne plus longtemps dans le verre. Ce trouble provient d'une production de nouvelle levûre.

La bière, obtenue au moyen de la fermentation par dépôt, ne présente pas ce caractère : elle ne mousse pas, mais elle ne se trouble pas non plus au contact de l'air ; c'est un fait bien connu que cela n'arrive pas non plus aux bières de garde préparées en Hollande par fermentation superficielle.

On doit reconnaître qu'une pareille bière qui contient encore des substances albumineuses à un état convenable pour produire de la levûre, doit être susceptible de se décomposer rapidement : mais la forme sous laquelle les matières albumineuses se trouvent, ne détermine pas en même temps leur quantité. Dans la bière préparée au moyen de la fermentation par dépôt, il n'existe pas du moins une quantité d'une substance azotée moindre que dans la bière obtenue par fermentation superficielle, ainsi que nous le verrons plus loin et ainsi que l'on peut déjà s'en assurer par une expérience très-simple. On mélange du sucre de raisin avec de l'eau et de la levûre et on laisse la fermentation se déterminer dans toute la masse : après avoir bien agité le tout, on partage la liqueur en deux portions égales : si l'on ajoute à l'une de l'acide lactique,

elle s'éclaircit ; l'acide lactique possède donc la faculté de dissoudre les substances albumineuses de la levûre (1).

En ce qui concerne le fait que, par suite de la faculté que possède l'acide lactique de dissoudre les substances albumineuses insolubles de la levûre, une bière dans laquelle il se trouve une quantité abondante d'acide lactique doit contenir plus de substances albumineuses qu'une autre bière qui ne présenterait pas le même caractère, il ne peut paraître douteux à personne. Or, les bières préparées au moyen de la fermentation par dépôt contiennent plus d'acide lactique.

On tomberait cependant dans une grave erreur, en admettant entre les bières obtenues au moyen de la fermentation superficielle et les bières obtenues au moyen de la fermentation par dépôt, une différence aussi tranchée que celle admise généralement. La fermentation est distincte ; mais le produit ne l'est pas. Une fermentation complémentaire prolongée des bières préparées par fermentation superficielle produit une bière que l'on ne peut distinguer de la bière préparée au moyen de la fermentation par dépôt : cette bière peut bien se conserver, présente une saveur acidule, ne mousse pas et contient beaucoup d'alcool. Les bières hollandaises désignées sous le nom de *oude bieren* (vieilles bières), que l'on prépare toutes au moyen de la fermentation superficielle, sont dan ce cas.

La fermentation spontanée que l'on fait subir en Belgique au faro et au lambick, mérite d'être examinée par nous en peu de mots : elle n'est du reste pas employée seulement pour la préparation de ces bières; mais elle trouve encore son application dans un grand nombre d'autres localités. En sortant des bacs refroidissoirs, le moût ne se rend pas dans la cuve-guilloire, mais se rend de suite dans les tonneaux ; on n'y ajoute pas de levûre et on conserve les tonneaux dans un cellier d'une température basse. La levûre se forme spontanément aux dépens des substances albumineuses contenues dans le moût, et la levûre qui se forme ainsi est de la levûre

(1) Dans les deux liqueurs, je n'ai observé aucune différence pendant le cours ultérieur de la fermentation : dans toutes les deux, la marche est la même, en sorte que l'acide lactique possède bien la faculté de dissoudre les substances albumineuses, mais n'accélère pas plus qu'elle ne ralentit la fermentation. (*De Wijn*, p. 64.)

de dépôt. Elle se produit lentement, en sorte que la bière ne se forme que lentement : cette bière reste longtemps trouble, ce qui vient de ce qu'il se produit toujours de nouvelle levûre; mais lorsque la bière est devenue claire, elle jouit à un très-haut degré de la faculté de se conserver. Cette bière, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer plusieurs fois, est préparée avec de l'orge et du froment. On fait bouillir une portion de la trempe claire, et on l'ajoute de nouveau à la trempe épaisse qui a été laissée dans la cuve matière.

Quelquefois la fermentation ne part pas. Pour qu'elle se produise, on n'ajoute pas alors de la levûre dans les tonneaux; mais on y ajoute du moût non houblonné, ce qui fait commencer la fermentation.

Au point de vue chimique, ce qui est surtout remarquable dans la préparation de ces bières, c'est qu'elles fermentent comme le jus de raisin, sans qu'on y ajoute de la levûre. Malgré la température à laquelle les substances albumineuses du malt ont été préalablement soumises, il en reste cependant encore une quantité suffisante pour qu'il se produise, mais lentement, une fermentation avec production simultanée de levûre. Relativement au fait qu'une grande partie du sucre passe à l'état d'acide lactique et que, par suite, ces bières sont caractérisées par la présence d'une quantité considérable d'acide lactique, il trouve son explication dans le mode même de préparation.

Habich (1) a cherché à résoudre cette énigme en admettant qu'il flotte dans l'air de la brasserie des traces de cellules de levûre qui sont entraînées par l'acide carbonique et sont transportées dans les liquides qui doivent ultérieurement subir la fermentation. — Mais, d'abord, il faudrait que l'air, à l'époque des vendanges, fût rempli de traces de levûre, et c'est ce que personne n'a démontré; on presse le jus de raisins et on le laisse fermenter où l'on veut, pourvu que la température soit seulement assez élevée. Habich a fait également une expérience qui, selon lui, devait prouver l'exactitude de son opinion, mais qui ne prouve rien. — Il a placé près de la cuve-guilloire deux vases de verre pleins de moût bien clair. — Le col de l'un des vases était bouché avec du coton, tandis

(1) *Dingler's Journal*, t. CXLVIII, p. 379.

que le col de l'autre était ouvert. Au bout de quatorze jours, la fermentation ne s'était produite ni dans l'un, ni dans l'autre. S'il y avait eu des traces de cellules de levûre dans l'air de la brasserie, il aurait dû se produire des cellules de levûre dans le vase ouvert, et c'est ce qui n'a pas eu lieu.

Habich pense du reste que dans les tonneaux en bois que l'on emploie dans la méthode belge, il doit rester des traces de cellules de levûre, provenant de fermentations antérieures, qui sont suffisantes pour produire la fermentation.

Nous croyons devoir indiquer encore ici quelques règles pratiques qui ressortent de ce que nous venons de dire.

La bière, préparée avec du malt fortement touraillé, exige l'addition d'une quantité de levûre plus grande que la bière préparée avec du malt faiblement touraillé : par une forte dessiccation à la touraille, la substance génératrice de la levûre qui doit se former, est détruite.

Plus la levûre que l'on ajoute est fraîche, plus la fermentation suit son cours régulier.

Plus la température de l'air est basse, plus est grande la quantité de levûre que l'on doit ajouter pour produire la fermentation, aussi bien dans la fermentation par dépôt que dans la fermentation superficielle.

Quelquefois on ajoute en une fois la quantité de levûre qui est nécessaire ; quelquefois on l'ajoute peu à peu suivant que la fermentation marche bien ou non.

En ce qui concerne la levûre, on peut encore faire les observations suivantes. Si l'on ne brasse pas continuellement, on doit ou bien veiller à la bonne conservation de la levûre, ou bien en préparer de nouvelle lorsqu'on veut brasser.

Pour conserver la levûre, on la mélange avec une grande quantité de sucre de manière que le mélange prenne un aspect pulvérulent. Un lavage préalable de la levûre au moyen de l'eau est préférable pour sa conservation : on doit du reste, pour la conserver, employer un tonneau que l'on a soin de bien remplir et de bien fermer. Le sucre agit ici comme moyen de dessécher et de diviser la matière.

Ou bien on mélange à la levûre une quantité de charbon animal assez grande pour qu'elle devienne sèche. On remplit entièrement un tonneau de ce mélange et on le conserve dans un endroit frais. Si l'on veut prendre une partie du ferment

ainsi conservé pour l'employer, on agite le mélange avec du moût récemment préparé et on sépare le charbon par filtration.

Pour l'avoir fraîche, on conserve la levûre, sans y rien ajouter, en remplissant entièrement de cette levûre des flacons que l'on ferme bien et en conservant ces flacons dans de l'eau de puits à une température basse. On peut encore laver une fois la levûre avec de l'eau, l'exprimer et en remplir des flacons.

Ou bien on enferme la levûre dans un sac que l'on plonge dans un tonneau entièrement rempli de vieille bière de garde (1).

Pour préparer de la levûre fraîche, on emploie le dépôt de levûre que l'on trouve au fond des tonneaux dans lesquels on a mis de la bière de garde, et on le mélange avec une petite quantité d'une infusion concentrée de malt. La levûre qui se produit ainsi, est de la levûre superficielle ou de la levûre de dépôt, suivant la manière dont on a réglé la température pendant sa production. — Avec la levûre ainsi obtenue, on doit préparer encore au moyen d'une nouvelle infusion de malt, une nouvelle quantité de levûre avant d'obtenir une levûre telle qu'on puisse l'employer avec assurance dans la préparation de la bière, pour déterminer une bonne fermentation.

Si l'on n'a pas de levûre, on peut prendre pour point de départ une petite quantité de moût qui soit susceptible de donner naissance à de la levûre, sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter préalablement de la levûre. Au moyen de la levûre ainsi obtenue, on prépare avec une nouvelle quantité de moût une quantité plus grande de levûre et on répète la même opération, non-seulement jusqu'à ce que l'on ait obtenu une quantité suffisante de levûre, mais encore jusqu'à ce que l'on ait obtenu de la levûre superficielle ou de la levûre de dépôt qui présente les propriétés convenables pour déterminer la fermentation dans la préparation de la bière (2).

Lorsqu'on manque de levûre, on peut, d'après Fownes, en préparer de la manière suivante (3) :

Après avoir malaxé de la farine de froment avec de l'eau

(1) La question de la conservation de la levûre a été traitée avec détail par A. Müller dans *Erdmann's Journal*, t. LVII, p. 162.

(2) Müller, *Handbuch für Bierbrauer*, 1854, p. 39.

(3) *Philos. Mag.*, t. XXI, p. 352.

de manière à en former une pâte ferme, on expose le tout à une température modérément élevée. Il commence au bout de trois jours à se dégager de la masse une odeur aigre, désagréable, qui cependant disparaît plus tard : il se produit un dégagement de gaz qui augmente, et, vers le sixième ou le septième jour, il se manifeste une odeur agréable, spiritueuse. On agite alors cette pâte de froment avec de l'eau tiède, et on la mélange avec une infusion de malt à 40°. La fermentation se produit immédiatement. Il se sépare de cette liqueur une levûre de très-bonne qualité.

En ce qui concerne les quantités à employer, Fownes indique une main pleine de farine de froment, un pot de malt et trois pots d'eau. On doit en retirer un demi-pot de bonne levûre humide. Ces indications de quantités sont du reste défectueuses.

En outre, Fownes recommande de ne pas employer seulement, pour la préparation de la levûre artificielle, de l'infusion de malt, mais d'employer du moût qui a bouilli avec du houblon. L'emploi du houblon doit toutefois présenter ici plutôt de l'inconvénient que de l'avantage, ainsi que cela ressort nettement de la préparation de la levûre de Schiedam. En effet, serait-ce l'acide tannique, la substance amère ou l'huile essentielle du houblon qui serait favorable à la production de la levûre?

Si, dans la fermentation superficielle, la fermentation n'est pas assez vive, et si le moût ne contient pas assez de levûre, on peut, en ajoutant une petite quantité de malt moulu en farine fine, augmenter la production de la levûre.

En Angleterre, on est dans l'habitude d'enlever plusieurs fois de la levûre pendant la fermentation afin de ralentir l'action. Il existe donc toujours un excès de levûre.

Je n'ai du reste pas l'intention de traiter ici en détail de la production de la levûre : ceux qui désireraient connaître les écrits antérieurs sur la même question, peuvent consulter l'ouvrage de Strumpf (1).

(1) *Die Fortschritte der angewandte Chemie*, t. II, p. 166 et suivantes, 1853. — Sur les dispositions nécessaires pour conduire la fermentation d'une manière régulière, pour maintenir le moût à une température déterminée, pour recueillir une partie de l'acide carbonique qui se dégage, voir Muspratt-Stohmann, *loc. cit.*, p. 667. — Sur l'introduction de cylindres remplis de glace dans la

Bull (1) et Mitscherlich (2) ont trouvé pour la composition des cendres de levûre de bière blanche les résultats suivants :

	BULL.	MITSCHERLICH.		
		LEVURE SUPERFICIELLE fraîche.	LEVURE DE DÉPÔT.	BIÈRE PRÉPARÉE AVEC cette dernière.
Potasse	35,2	39,5	28,3	40,8
Soude	0,4	»	»	0,5
Chlorure de potassium	0,2	»	»	»
Chaux	4,2	»	»	»
Magnésie	4,0	»	»	»
Sesquioxyde de fer	0.6	»	»	»
Acide phosphorique	54,7	41,8	39,5	20,0
Acide sulfurique	0,1	»	»	»
Acide silicique	»	»	»	16,6
Phosph. de magn. $2MgO,PhO^5$.	»	16,8	22,6	20,0
Phosph. de chaux $2CaO,PhO^5$.	»	2,3	9,7	2,6
Quantité de cendres pour 100.	»	7,7	7,5	0,3

La bière perd donc une quantité de ces combinaisons d'autant plus grande qu'il se forme plus de levûre.

Ce qui va suivre, nous servira à passer de la fermentation proprement dite à la *fermentation complémentaire* dont nous nous occuperons un peu plus loin.

Jusque dans ces derniers temps, on croyait que les sucres proprement dits (le sucre de canne, les différentes espèces de sucre de raisin et le sucre de lait) étaient seuls susceptibles de subir la fermentation alcoolique. Berthelot (3) a réussi à faire

cuve-guilloire, afin de refroidir, pendant la fermentation par dépôt, la liqueur qui fermente, voir Müller, *loc. cit.*, p. 231.

(1) *Pogg. Annalen*, t. LXXVI, p. 401.

(2) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LVI, p. 356.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. L, p. 322. — Depuis la publication de l'édition hollandaise de ce traité, Berthelot a résumé ses idées sur la fermentation dans sa *Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 604 et suivantes, à laquelle nous renverrons également ceux de nos lecteurs qui désireraient connaître avec plus de détail l'opinion de ce chimiste sur le sujet si important dont il est ici question.

subir par l'action de la levûre une décomposition du même ordre à d'autres substances : et ces substances sont précisément celles qui paraissent se rapprocher des sucres proprement dits par leur saveur douceâtre, mais dont cependant la composition n'est pas, comme pour ces derniers, telle que l'hydrogène et l'oxygène s'y trouvent dans le même rapport que dans l'eau. Parmi ces substances, viennent se ranger :

La mannite.....	$C^6H^8O^6$
La glycérine.....	$C^6H^7O^6$
La dulcine.....	$C^6H^7O^6$

Toutes ces substances contiennent plus d'hydrogène qu'il n'en faut à l'oxygène pour former de l'eau. Pour qu'elles puissent être dédoublées en alcool et en acide carbonique, il faudrait qu'il se produisît en même temps une autre combinaison qui pût prendre l'excès d'hydrogène, ou bien il faudrait que la fermentation fût accompagnée d'un dégagement simultané d'hydrogène. Berthelot a trouvé que cette dernière hypothèse était une réalité. Il a rendu ainsi positivement un grand service à la science.

Mais, ce qui est surtout important pour notre sujet, il a essayé de déterminer la fermentation alcoolique de la gomme et de l'amidon, en opérant de la même manière que pour la mannite, etc., ce qui ne peut être obtenu au moyen de la levûre ordinaire, et il a trouvé que la gomme et l'amidon peuvent également se décomposer en alcool et en acide carbonique, sans avoir besoin de subir la transformation préalable en sucre qu'on lui fait subir dans la préparation de la bière, par l'action de l'agent transformateur, avant de la soumettre à la fermentation.

Berthelot a vu que, en opérant à une température de 50°, plusieurs semaines étaient nécessaires pour déterminer le dédoublement des substances indiquées, et il a observé que, outre l'alcool et l'acide carbonique, il se produisait toujours d'autres substances aux dépens de la matière qui était soumise à l'expérience.

On dissolvait les substances dans l'eau; on employait, pour produire la fermentation, une substance animale, dans la plupart des cas la caséine, et, dans tous les cas, on ajoutait du carbonate de chaux à la masse, afin de neutraliser les acides

qui pouvaient se former et de paralyser leur influence contraire. — Le carbonate de chaux n'est pas nécessaire dans la fermentation des sucres proprement dits; mais Berthelot pense que, dans ce cas aussi, il exerce une action avantageuse et favorise la fermentation, ce qu'il explique en disant qu'il se produit toujours, bien qu'en petite quantité, des acides qui exerceraient une action contraire et que le carbonate de chaux neutralise. Chevreul avait déjà émis cette opinion. J'ai déjà fait observer (p. 84) et j'ai démontré que la pratique confirme cette manière de voir.

Non-seulement l'acide lactique et l'acide acétique qui existent déjà dans la bière, sont transformés par le carbonate de chaux en sels qui ne sont pas nuisibles (c'est-à-dire qui ne sont pas nuisibles à la fermentation), mais le carbonate de chaux exerce encore une action utile en ce qu'il neutralise les acides qui se produisent par la décomposition de la levûre. Berthelot a pu remplacer le carbonate de chaux par d'autres carbonates, par des oxydes métalliques, et même par du fer et du zinc qui, à l'état d'oxydes, neutralisent également les acides qui se forment et les empêchent d'être nuisibles à la fermentation.

Mais si la séparation de tous les acides libres par l'action du carbonate de chaux dans la préparation de la bière peut exercer une action favorable à la fermentation, on ne doit pas oublier que, dans la préparation de la bière, cette séparation doit avoir des limites et que ce que Berthelot considère avec juste raison comme étant favorable à la fermentation, ne peut pas s'appliquer dans toute son étendue à la préparation de la bière. Si, dans la préparation de la bière, on introduisait dans la cuve-guilloire un excès de carbonate de chaux, on ôterait ainsi à la bière cette saveur fraîche qui, tempérée par le sucre et la dextrine, constitue précisément celle que l'on exige de la bière. Mais on séparerait en outre de la bière tout l'acide phosphorique et toute la substance albumineuse, et on enlèverait par conséquent à la bière des parties constituantes qui en font une boisson utile.

De ce que Berthelot a confirmé par ses expériences ce fait qui, du reste, était déjà suffisamment acquis à la science, qu'un ferment alcoolique n'agit pas par sa forme, mais agit par sa composition, et que, par conséquent, les globules de levûre n'agissent pas parce qu'ils possèdent la forme globulaire,

mais parce qu'ils contiennent une substance albumineuse en décomposition, il n'en résulte pas que, dans la fermentation, la forme soit entièrement indifférente, bien que Berthelot ait vu la fermentation se produire par l'action de substances albumineuses de différentes espèces et aussi par l'action de la gélatine, ce qui, du reste, était déjà connu (1). La différence entre la levûre superficielle et la levûre de dépôt nous démontre suffisamment que la manière dont le contenu des cellules agit, détermine le caractère particulier de la fermentation. Il peut y avoir fermentation sans que l'on ajoute de la levûre; mais si l'on veut obtenir telle ou telle fermentation qui soit cependant toujours alcoolique, cela dépend de la nature même de la levûre.

Si, donc, Berthelot a observé que, en opérant complétement à l'abri du contact de l'air, il ne se produit pas de cellules de levûre, lorsqu'on emploie la caséine ou la gélatine comme ferment, bien qu'il se forme de l'alcool et de l'acide carbonique aux dépens du sucre, ce fait est une confirmation de ce que l'on savait déjà que la fermentation et la production des cellules de levûre sont deux phénomènes différents qui ne se rattachent pas nécessairement l'un à l'autre ; mais on ne peut pas en conclure qu'il peut se produire une bonne fermentation de la bière sans qu'il y ait en même temps production de cellules de levûre, et alors même que cela serait possible, la production de la levûre dans la fermentation de la bière ne détermine aucun résultat que l'on pourrait entièrement supprimer.

Les résultats que Berthelot a obtenus par exemple dans la fermentation de la mannite par l'action de la caséine, en présence du carbonate de chaux, sont tout à fait remarquables. En même temps qu'il se produit de l'alcool et qu'il se dégage de l'acide carbonique et de l'hydrogène, la caséine ne se putréfie pas. Elle ne donne pas un seul produit de putréfaction, mais elle se décompose en produits gazeux, et presque tout son azote se dégage à l'état libre. Berthelot en conclut que la mannite, à l'état de décomposition, détermine le mode de décomposition de la caséine de même que la caséine détermine le mode de décomposition de la mannite : cette conclusion pouvait du reste déja être tirée d'une expérience de Schmidt dans

(1) *De Wijn*, p. 56.

laquelle ce chimiste a vu que de la fibrine putréfiée, dès qu'elle est mise en contact avec une dissolution de sucre, cesse de se putréfier et remplit les fonctions d'un ferment.

Tous ces résultats, présentent une certaine importance lorsqu'on veut arriver à la connaissance de la fermentation complémentaire qui se produit dans la bière, tant de celle qui mérite réellement ce nom que de celle qui continue à se produire dans la bière jusqu'à ce qu'elle cesse d'être de la bière, soit qu'elle ait été enfermée dans des tonneaux ou dans d'autres vases.

Pour mieux faire comprendre le mode de transformation dont je veux parler ici, j'indiquerai encore quelques expériences de Berthelot, qui se rattachent entièrement à notre sujet; il exécutait ces expériences dans des vases entièrement pleins qui donnaient seulement issue aux gaz au moyen d'un tube qui plongeait sous le mercure. On se trouvait ainsi dans des conditions analogues à celles où se trouve la bière lorsqu'elle est dans des tonneaux fermés ou bien dans des cruches ou dans des flacons que l'on a bouchés avec des bouchons.

10gr de sucre de canne, 120gr d'eau, 10gr de craie et 2gr de fromage étaient mélangés ensemble et maintenus en contact pendant six semaines à une température de 40°. On a obtenu 1gr,2 d'alcool ou 12 p. 100. En outre, on a trouvé dans la liqueur, du lactate de chaux, des cellules de levûre et 3gr de sucre modifié.

170gr de sucre de cannes, 2 litres d'eau, 200gr de craie et 200gr de fromage ont été maintenus ensemble pendant deux mois à une température de 0° et ont produit 10gr, c'est-à-dire 6 p. 100 d'alcool, du lactate de chaux, un peu de butyrate de chaux, mais n'ont pas produit de mannite.

50gr de glucose, 800gr d'eau, 50gr de craie et 20gr de fromage ont donné au bout de cinq mois à la température ordinaire 1gr d'alcool, c'est-à-dire 2 p. 100, et du butyrate de chaux.

50gr de glucose, 800gr d'eau, 20gr de fromage et 50gr de gypse n'ont donné du 18 décembre 1855 au 12 mai 1856 aucune trace d'alcool. Il existait dans la liqueur une certaine quantité de cellules de levûre. Le 2 juin, on a ajouté 50gr de craie et 20gr de fromage. Le 22 juin, la glucose avait disparu; il s'était produit 7gr d'alcool, c'est-à-dire 14 pour 100, du lactate de chaux, du butyrate de chaux, mais il

ne s'était pas produit de mannite, ni de sulfure de calcium.

Les expériences suivantes ne présentent pas une moindre importance pour le but que nous nous proposons.

10gr d'amidon, 120gr d'eau, 10gr de craie et 2gr de fromage ont été maintenus pendant six semaines à une température de 40° et ont fourni 1gr,6 d'alcool, c'est-à-dire 16 p. 100, un sel de chaux soluble, un peu d'amidon non décomposé, mais n'ont donné ni sucre, ni levûre.

Dans une expérience exécutée sur les mêmes quantités, on a analysé la liqueur tous les deux jours et on n'a pas trouvé de sucre.

L'amidon peut donc donner de l'alcool, sans passer préalablement à l'état de sucre.

10gr de gomme arabique, 120gr d'eau, 10gr de craie, 2gr de fromage maintenus ensemble pendant six semaines à une température de 40° ont produit 1gr,2 d'alcool, c'est-à-dire 12 p. 100, un sel de chaux soluble, mais n'ont fourni ni levûre, ni sucre, ni glycérine.

Les expériences de Berthelot ouvrent, à mon avis, une voie qui conduit à une idée beaucoup plus générale que celle que l'on se faisait jusqu'ici de la fermentation alcoolique.

CHAPITRE X.

DE LA FERMENTATION COMPLÉMENTAIRE.

Sous la dénomination de fermentation complémentaire, on ne désigne pas toujours le même ordre de faits. On devrait comprendre sous la dénomination de fermentation principale la période de la fermentation pendant laquelle cette dernière est dans toute sa force, et, par conséquent, dans la fermentation par dépôt, l'ensemble des phénomènes qui ont lieu dans la cuve-guilloire et, dans la fermentation superficielle, l'ensemble des phénomènes qui se produisent dans la cuve-guilloire et dans les tonneaux, tant qu'ils sont ouverts, de manière à laisser une issue à la levûre superficielle. Les phénomènes que nous indiquons en dernier lieu, ont souvent été désignés, mais improprement, sous le nom de fermentation complémentaire :

le nom de fermentation terminale (en hollandais, *uitgisting*; en allemand, *Ausgährung*), leur conviendrait mieux. On trouble la fermentation qui a lieu dans la cuve-guilloire; mais la fermentation ainsi troublée ne peut nullement être désignée sous le nom de fermentation complémentaire.

Après que la fermentation principale est terminée, on clarifie quelquefois la bière avant de laisser s'y accomplir la fermentation complémentaire proprement dite. Une bonne bière, bien brassée et bien préparée, est claire, et, comme au moyen d'une bonne préparation, on obtient toujours une bière qui n'est pas trouble, on ne devrait, à proprement parler, ajouter à la bière aucun agent de clarification. Mais, d'une part, l'imperfection des méthodes et, d'autre part, la rapidité avec laquelle on doit livrer les bières à la consommation, ne permettent pas toujours d'atteindre directement ce résultat, en sorte que l'on a été obligé de chercher des moyens de clarifier entièrement la bière: en effet les consommateurs qui savent ce que c'est qu'une bonne bière, attachent beaucoup de prix à ce qu'elle soit claire.

Müller (1) conseille la filtration au travers de copeaux de hêtre. Après les avoir bien lavés, même avec de l'eau chaude, il les introduit dans un tonneau dans lequel il fait couler de la bière, provenant d'un autre tonneau, dans lequel elle ne s'est pas éclaircie: on y enferme cette bière avec les copeaux; on agite à plusieurs reprises le tout, puis on soutire la bière dans un autre tonneau. Les mêmes copeaux de hêtre peuvent servir encore pour clarifier d'autres bières provenant d'autres tonneaux.

La substance que l'on emploie le plus ordinairement pour opérer la clarification, est la colle de poisson; mais il ne faut pas qu'elle ait été transformée en colle par l'action de l'eau chaude. On ramollit la colle de poisson au moyen de l'eau froide et on renouvelle l'eau à plusieurs reprises, de manière à ce que la colle se gonfle bien. Lorsqu'elle s'est bien gonflée et a été bien lavée, on la mélange avec un peu de bière pour la bien diviser: on ajoute ensuite le tout dans le tonneau à la bière que l'on veut clarifier, en ayant soin d'opérer le mélange intime des matières. Au bout de quelques jours, on soutire la bière qui est devenue claire.

(1) *Loc. cit.*, p. 348.

La colle de poisson agit surtout ici comme agent mécanique : elle se trouve ici à l'état gélatineux, mais non à l'état soluble, à l'état de colle : cette gélatine constitue alors un véritable filtre, une sorte d'éponge qui retient les matières troubles de la bière. Il arrive cependant que l'alcool contenu dans la bière, fait contracter légèrement la colle de poisson, la rend moins gélatineuse, ce qui du reste peut se produire aussi par l'action de l'acide tannique qui se trouve également contenu dans la bière.

Cette circonstance présente l'inconvénient que tout l'acide tannique contenu dans la bière en est séparé, en sorte qu'il est impossible que la bière ainsi séparée se conserve longtemps.

Jusqu'ici, on n'a pas pu, pour clarifier la bière, remplacer la colle de poisson par aucune autre substance. Je parle ici seulement de la clarification de la bière : j'ai traité (p. 250) de la clarification du moût.

Les conditions qui sont favorables à la clarification de la bière, sont : la préparation d'un malt qui soit de bonne qualité et qui soit bien actif; l'emploi d'un malt dont la totalité ait été touraillée ; la mouture du malt en particules qui ne soient pas trop ténues ; un bon empâtage dans lequel, par conséquent, tout l'amidon réparti dans la liqueur est transformé en dextrine et en sucre ; l'emploi d'un houblon de bonne qualité et en quantité assez forte; une bonne fermentation bien réglée. Si l'on néglige une ou plusieurs de ces conditions, on ne peut pas obtenir un bon produit, lors même que l'on emploierait pour la préparation de la bière une quantité considérable de grain.

Quel que soit le mode de clarification dont on se sert, on ne l'applique que lorsque la fermentation principale est terminée. Lorsqu'on emploie la colle de poisson, même entièrement humectée, il doit toujours s'en dissoudre une certaine quantité par l'action de l'acide lactique et la bière doit être exposée à se détériorer (p. 250 et 262).

En ce qui concerne l'acide tannique, nous ferons ici une observation générale. Comme on admet ordinairement qu'il n'existe pas d'acide tannique dans la bière, on peut, dans le cas où il en serait réellement ainsi, se demander comment la bière l'a perdu. L'infusion de malt a été soumise à l'ébullition avec du houblon, mais bien que, pendant l'ébullition, une

quantité considérable d'acide tannique ait été séparée par les substances albumineuses qui se sont coagulées, il en reste encore dans le moût. Une certaine quantité d'acide tannique se dépose en outre sur les bacs refroidissoirs sous forme de tannate d'amidon et de tannate d'albumine, et de plus une certaine quantité d'acide tannique est transformée en apothème d'acide tannique. Par la clarification au moyen de la colle de poisson, une nouvelle quantité d'acide tannique se sépare encore de la bière.

A ce que nous venons de dire, on peut opposer, d'autre part, ce fait que l'acide lactique peut dissoudre du tannate d'albumine et du tannate de gélatine de telle sorte qu'il pourrait ainsi entrer de nouveau une certaine quantité d'acide tannique dans la bière.

Quoi qu'il en soit, il est positif que l'on ne trouve pas d'acide tannique dans les bières de garde qui sont colorées en noir par des sels de sesquioxyde de fer. Déjà, pendant la cuisson dans la chaudière, l'acide tannique a été transformé en partie en acide gallique. Cette transformation continue dans les bacs refroidissoirs et pendant la fermentation, en sorte que, à la place de l'acide tannique, on rencontre toujours une quantité de plus en plus grande d'acide gallique. Je démontrerai plus loin par une expérience ce que j'avance ici.

Dans les bières tout à fait jeunes, on trouve des traces d'acide tannique. Quelque faible qu'en puisse être la quantité, je crois qu'elle contribue à communiquer à la bière la faculté de pouvoir se conserver.

Dans les bières qui doivent se conserver longtemps, l'acide tannique ne contribue pas à leur conservation : en effet on trouve, à sa place, de l'acide gallique auquel on ne connait aucune propriété qui puisse le rendre susceptible de s'opposer à la détérioration de la bière.

Nous comprenons sous le nom de fermentation complémentaire, dans la fermentation superficielle ainsi que dans la fermentation par dépôt, les phénomènes qui se produisent après la fermeture des tonneaux. La période d'activité chimique est loin d'être terminée ; elle continue encore, mais à un degré bien plus faible que dans la fermentation principale. Son énergie dépend du reste d'un très-grand nombre de circon-

stances. Le liquide, contenu dans les tonneaux, contient encore de la levûre, et cette levûre est de la levûre de dépôt, pour la bière préparée au moyen de la fermentation superficielle de même que pour la bière préparée au moyen de la fermentation par dépôt : dans la bière préparée au moyen de la fermentation superficielle, il se dépose du moins, au fond des tonneaux, de la levûre qui possède d'une manière plus ou moins prononcée le caractère de la levûre de dépôt. Cela nous montre précisément que toutes les bières, quel que soit leur mode de préparation, subissent alors une fermentation que l'on pourrait considérer comme une véritable fermentation par dépôt. Cela doit être indubitablement attribué à ce que le ferment qui se dépose au fond des tonneaux est devenu déjà en partie inactif et ne peut par suite déterminer aucune autre fermentation qu'une fermentation peu vive.

Pour préparer certaines bières, on ferme les tonneaux et on les fait rouler, pour bien mélanger de nouveau la levûre avec toute la liqueur et déterminer une fermentation complémentaire plus énergique ; puis on soutire dans d'autres tonneaux la bière lorsqu'elle s'est éclaircie.

On ne le fait du reste jamais pour les bières de garde que l'on prépare au moyen d'une fermentation superficielle : mais on le fait seulement pour les bières qui doivent être livrées rapidement à la consommation.

Dans les premières, on doit en général tenir autant que possible les tonneaux en repos, afin que la levûre reste au fond et transvaser au bout de quelque temps, en ayant soin qu'elle soit aussi peu que possible en contact avec l'air, la bière devenue claire dans les tonneaux dans lesquels elle doit être conservée et dans lesquels elle doit subir une fermentation tertiaire dont l'action est réduite au minimum. C'est ainsi que l'on opère en Hollande pour la préparation des bières de garde. La levûre est trop énergique pour pouvoir rester dans la bière. Pour que la bière puisse se conserver dans les tonneaux, il faut qu'elle soit aussi claire que possible.

Dans la fermentation par dépôt, la séparation de la levûre n'est pas aussi nécessaire. Cependant plus elle arrive claire dans les tonneaux dans lesquels elle doit rester, plus elle peut se conserver longtemps. La fermentation ne cesse pas lorsque la levûre a été entièrement séparée : en effet, il se produit

toujours de nouvelle levûre qui se rassemble au fond et entretient une fermentation lente.

Les bières dont la fermentation a eu lieu à une température élevée, qui, par conséquent, ont été préparées rapidement, ne peuvent, pas plus que les bières jeunes peu houblonnées, être conservées longtemps dans les tonneaux. On doit les boire rapidement ou les soutirer rapidement dans des cruches que l'on doit avoir soin de bien fermer. Ce sont ces bières qui sont connues en Hollande comme étant très-mousseuses. Elles contiennent une grande quantité de substance susceptible de se transformer en levûre. Après avoir bien laissé la bière se déposer dans les tonneaux, on la soutire dans des flacons ou dans des cruches, dans lesquelles elle continue à fermenter rapidement, surtout en été, en sorte que, même au bout de peu de jours, elle contient une quantité d'acide carbonique suffisante pour chasser le bouchon avec force et se comporter comme une bière très-mousseuse.

Si la bière provient d'une macération dans laquelle on a obtenu un moût concentré, ou si le malt a été desséché à une température élevée, ou bien si la bière a été fortement houblonnée, elle présente des propriétés tout autres, même lorsqu'elle à été obtenue par fermentation superficielle. Pour une macération qui fournit un moût concentré, c'est-à-dire dans laquelle on n'a employé que peu d'eau et beaucoup de grains, il peut se produire une grande quantité d'alcool qui exerce une action contraire à la transformation chimique. Le malt fortement desséché fournit des traces d'huiles pyrogénées (créosote, etc.) qui exercent également une influence contraire à la transformation chimique. Par une forte addition de houblon enfin, la bière acquiert la propriété de résister davantage à la transformation chimique, faculté qu'elle doit à ce qu'elle contient une certaine quantité de substance amère et d'huile éthérée de houblon.

On peut préparer des bières de cette espèce par fermentation superficielle; néanmoins, dans la fermentation complémentaire, elles se comportent tout autrement que les bières jeunes dont j'ai déjà parlé. Elles subissent d'abord dans les tonneaux une fermentation complémentaire qui est lente et peuvent se conserver longtemps lorsqu'elles sont du nombre des bières qui, pour l'une des raisons indiquées, pour deux de ces raisons et même

pour toutes les trois simultanément, possèdent une nature toute différente; on peut même les soutirer partiellement au fur et à mesure que l'on en a besoin. A cette catégorie appartiennent les bières désignées en Hollande sous le nom de *oude bieren* (vieilles bières), ainsi que les bières amères, de couleur brun-foncé, que l'on prépare toutes en Hollande par fermentation superficielle; si la température du cellier dans lequel on emmagasine les tonneaux, est basse, il est possible de les conserver longtemps. Une bière de cette espèce ne mousse pas lorsqu'on la soutire du tonneau; mais elle tient en dissolution une quantité suffisante d'acide carbonique. Si l'on transvase dans des flacons ou dans des cruches, après qu'elles sont devenues claires, des bières de cette espèce, dans la préparation desquelles la macération a fourni une infusion concentrée de malt, pour lesquelles on a employé du malt fortement touraillé ou dans la préparation desquelles on a ajouté une forte proportion de houblon, elles continuent à fermenter et peuvent acquérir au bout de quelque temps une quantité d'acide carbonique suffisante pour paraître mousseuses lorsqu'on les verse; mais cette mousse ne sera jamais aussi extraordinairement forte que dans les bières jeunes : dans la plupart des cas, l'acide carbonique forme, en se dégageant, des perles ou de petites bulles, surtout lorsque la bière contient une quantité considérable d'huile empyreumatique de houblon.

Toutes les bières qui sont préparées au moyen de la fermentation par dépôt, sont du reste plus susceptibles de se conserver. Toutefois, après les avoir transvasées de la cuve-guilloire dans les tonneaux, on leur laisse aussi subir la fermentation complémentaire et on ferme les tonneaux. La fermentation continue avec une excessive lenteur et ces bières peuvent en général être tirées directement du tonneau pour être consommées. Si on les soutire dans des flacons ou dans des cruches peu de temps après que la fermentation secondaire est terminée, elles ne moussent lorsqu'on les verse qu'après avoir séjourné longtemps dans des flacons fermés dans lesquels elles se trouvent entièrement à l'abri du contact de l'air; mais elles donnent rarement autre chose qu'une écume formée de la réunion de bulles simulant des perles lorsqu'elles n'ont été transvasées dans les flacons que lorsqu'elles s'étaient complétement éclaircies dans le tonneau. Plus la levûre reste long-

temps en contact avec la bière, plus la fermentation s'accomplit rapidement, plus la bière doit être consommée rapidement. Plus, au contraire, la bière se maintient claire, plus elle est susceptible de se conserver longtemps. Plus la température est basse, plus la bière se conserve ; plus la température est élevée, plus la bière se décompose rapidement.

Pendant toute la durée de ces fermentations plus rapides ou plus lentes, la quantité d'alcool contenue dans la bière augmente, la quantité de sucre diminue et la saveur devient par suite moins douce. La bière reste une bière potable aussi longtemps qu'il continue à s'y produire une fermentation d'une nature quelconque et par suite aussi longtemps qu'il y existe encore de l'acide carbonique en dissolution.

Ce que nous venons de dire, nous montre clairement pourquoi les celliers dans lesquels on veut conserver des bières de garde, doivent remplir les conditions suivantes : 1° une basse température, parce que la fermentation complémentaire suit alors une marche très-lente ; 2° une température constante, parce qu'elle détermine des fermentations du même ordre que celles qui se sont produites dans la liqueur par la fermentation dès que l'action a commencé à se produire.

Dans aucune sorte de bière, la fermentation complémentaire ne fait défaut : dès qu'il cesse de se produire une fermentation dans la liqueur, cette liqueur cesse d'être de la bière. Sous ce rapport, la bière est entièrement distincte du vin, et par exemple du vin de Bordeaux. Lorsqu'on le met en bouteilles, le vin a cessé de fermenter. Il n'existe aucune espèce de bière, ou du moins aucune espèce de bière potable, qui se trouve à cet état.

Quelquefois, pendant la fermentation, la bière peut devenir acide. Zimmerman a conseillé d'employer dans ce cas le sucre de fruits pour obvier à cet inconvénient : son emploi présente en effet quelques avantages. Le sucre remplit ici un double but. D'abord, il absorbe, sans exercer aucune action nuisible, l'acide acétique qui s'est déjà produit et fait disparaître la saveur acide : mais, d'autre part, il rend la levûre qui existe dans la liqueur susceptible de fonctionner de nouveau comme ferment : il détermine la production d'une nouvelle fermentation : l'alcool qui a été transformé en acide acétique, est remplacé par une nouvelle quantité d'alcool et la liqueur peut reprendre le caractère essentiel de la bière de tenir de l'acide

carbonique en dissolution et de subir toujours une fermentation alcoolique plus ou moins prononcée. Le sucre que l'on ajoute ainsi, imprime une nouvelle impulsion à l'activité chimique des substances albumineuses, et la production de l'acide acétique est arrêtée. Le sucre de canne rend le même service (1). Si ce moyen n'agit pas rapidement, on enlève à la bière la levûre qui s'y trouve et on ajoute de la levûre fraîche.

Si la bière est devenue acide, on y ajoute du bicarbonate de soude afin de saturer l'acide acétique qu'elle contient. Ce moyen doit toutefois être considéré comme une falsification ; nous y reviendrons plus loin.

CHAPITRE XI.

DE LA FERMENTATION TERTIAIRE.

La fermentation complémentaire comprend les transformations que la bière subit dans les tonneaux tant qu'il s'en sépare de la levûre. Dans une bonne bière, elle doit être entièrement terminée avant que cette bière soit livrée à la consommation. Mais lorsqu'elle est terminée et lorsqu'on a transvasé dans d'autres tonneaux ou bien dans des flacons ou dans des cruches la bière que l'on destine à être conservée plus longtemps, il continue encore à s'y produire une fermentation qui, à cause de la lenteur de sa marche, mérite d'être désignée sous un nom particulier.

En indiquant les expériences de Berthelot, j'ai déjà eu l'occasion (p. 300) de parler des transformations que la bière subit pendant cette troisième période de la fermentation.

Cette fermentation tertiaire se produit dans toutes les bières ; mais elle n'est pas toujours accompagnée des mêmes phénomènes. La bière, préparée au moyen de la fermentation par dépôt, qui contient peu de sucre et beaucoup d'acide lactique, ne mousse jamais fortement lorsqu'on la verse hors du flacon qui la contient. Dans la bière qui a été préparée au moyen de la fermentation superficielle et qui contient

(1) Müller, *loc. cit.*, p. 357.

beaucoup de sucre, il se produit, lorsque cette bière contient une quantité suffisante de levûre, une diminution de la quantité de sucre et une augmentation de la quantité d'alcool, et cette bière peut retenir un volume d'acide carbonique quadruple ou quintuple du sien. Les flacons ou les cruches ont par conséquent à supporter une pression de deux à trois atmosphères.

La bière, préparée au moyen de la fermentation par dépôt, si on ne la soutire que lorsque la levûre s'en est entièrement séparée et si on la transvase en ayant soin de la maintenir autant que possible à l'abri du contact de l'air, dans des tonneaux qui sont quelquefois même très-grands, peut être conservée claire, pourvu que la température du cellier soit suffisamment basse. La basse température est ici une condition essentielle de la bonne conservation de la bière. La fermentation tertiaire ne s'arrête nullement lorsque la température descend jusqu'à 10° et 12° et même au-dessous : mais elle marche alors très-lentement, et cette lenteur de la fermentation tertiaire est précisément une des causes de la bonne conservation de la bière.

Pour éviter que l'air ne pénètre dans les tonneaux qui contiennent la bière, on a en Bavière l'habitude de les enduire intérieurement d'une couche de poix, ce qui présente en outre l'avantage d'introduire dans la bière, ainsi que les anciens le faisaient pour leurs vins (1), une certaine quantité d'huile pyrogénée qui exerce une action contraire à la décomposition.

Les bières que l'on puise au tonneau, finissent toutes par devenir acides lorsqu'on ne consomme pas en peu de jours tout le contenu du tonneau. Il est impossible de les préserver complétement du contact de l'air, même lorsqu'on fait sortir la bière du tonneau au moyen d'une pompe. C'est du reste un fait qu'Otto de Guericke, bourgmestre de Magdebourg, connaissait déjà. Toutefois lorsqu'on maintient le tonneau fermé et lorsqu'on ne laisse pas échapper l'acide carbonique qui se dégage toujours de la bière, ce soutirage de la bière au moyen d'une pompe (ou si l'on veut au moyen d'un robinet), est un moyen qui peut la préserver en partie de devenir acide, parce que l'acide carbonique qui se dégage continuellement de la bière, remplit alors la partie du tonneau qui devient vide.

(1) *De Wijn*, 104.

Mais les dernières portions de bière que l'on soutire d'un pareil tonneau, présentent une saveur fade, ce qui vient de ce que la bière a perdu de l'acide carbonique: en effet, au fur et à mesure que le tonneau se vide, l'espace vide se remplit d'acide carbonique et la bière en perd une quantité proportionnelle.

Comme la bière est continuellement en fermentation et comme elle cesse d'être de la bière dès que la fermentation y est terminée, on peut tirer de là, en ce qui concerne sa conservation, les conséquences suivantes.

Lorsqu'on la conserve dans des tonneaux qui sont hermétiquement fermés et qui sont entièrement remplis de bière, la bière qui paraît avoir cessé de fermenter, se charge d'une quantité d'acide carbonique de plus en plus considérable, en sorte que, lorsqu'on ouvre les tonneaux, cet acide carbonique s'en dégage en donnant naissance à une mousse dont la quantité est plus abondante ou plus faible, suivant que la marche de la fermentation a été plus vive ou plus paisible. L'air n'est aucunement nécessaire pour cela (1). Par la fermentation qui se produit dans les tonneaux, ou bien dans les flacons ou dans les cruches, la quantité de l'alcool augmente, tandis que la quantité du sucre diminue. La bière devient donc plus excitante, moins douceâtre au goût et moins nutritive : en même temps, elle devient plus légère. Il se produit ici, d'après les expériences de Berthelot (p. 304), de l'acide lactique et peut-être aussi de l'acide butyrique. Nous ne devons pas omettre d'indiquer en outre comme résultat de ces expériences (que nous avons passées en revue avec détail, afin de pouvoir en déduire ici en peu de mots les conséquences relatives à la décomposition de la bière), ce fait que, dans la conservation de la bière dans des tonneaux entièrement fermés, les substances albumineuses sont décomposées dans la même proportion que le sucre, en sorte que, finalement, dans la bière que l'on conserve dans des tonneaux fermés, on doit arriver à un état qui ne permette plus aucune transformation ultérieure. Il ne s'y trouve pas une quantité considérable de sucre et il n'y existe pas non plus une quantité considérable de substance susceptible de se transformer en ferment : l'alcool, l'acide carbonique et l'acide

(1) *De Wijn*, p. 71.

lactique s'y trouvent au contraire en quantité considérable. Comment, par suite, une action chimique pourrait-elle encore s'y produire? La dextrine qui y existe, remplit la fonction d'envelopper l'acide lactique de manière que la bière ne présente pas une saveur acide.

C'est ainsi que je me rends compte de l'état d'une bière préparée au moyen de la fermentation par dépôt, qui est contenue depuis quelque temps dans des tonneaux fermés. La liqueur ne se trouve pas à l'état de repos chimique absolu; mais l'activité chimique y est réduite à son minimum et la bière, par sa manière d'être au point de vue chimique, ne se distingue alors que peu du vieux vin, en faisant abstraction toutefois de ce fait qu'elle est saturée d'acide carbonique.

Dans les bières de cette nature, il se produit un dépôt qui n'est plus de la levûre, mais qui est formé de cellules de levûre qui sont épuisées et qui ne sont plus susceptibles de déterminer aucune fermentation dans une dissolution de sucre.

Il en est tout autrement des bières qui ne sont pas des bières de garde, des bières qui deviennent rapidement acides par l'action de l'air et que l'on désigne sous le nom de bières jeunes. Lorsqu'on a transvasé du tonneau dans lesflacons ou dans les cruches ces bières, en ayant soin de les soutirer aussi claires que possible (si on les laisse trop longtemps dans le tonneau, elles deviennent rapidement acides ou fades), elles paraissent passer également à l'état de repos chimique. Mais la projection violente du bouchon qui a lieu quelquefois et même la fracture des flacons et des cruches nous apprennent le contraire. Il se produit également ici une diminution de la quantité d'alcool. La fermentation est très-vive, en sorte que l'on ne doit penser en aucune manière à un équilibre chimique. Lorsqu'on ouvre la cruche, l'acide carbonique qui était comprimé, s'échappe à l'extérieur avec force, et la bière qui était claire pendant qu'on la versait, se trouble et laisse déposer une quantité considérable de levûre au fond du verre, si on l'y laisse un peu de temps en contact avec l'air.

CHAPITRE XII.

DES ALTÉRATIONS DE LA BIÈRE.

Une bière est d'autant moins exposée à s'altérer qu'elle est plus riche en alcool, plus fortement houblonnée, plus claire et plus complétement préservée du contact de l'air.

L'alcool exerce une action contraire à la décomposition. Nous nous sommes rendu compte (p. 67) de l'action des parties constituantes du houblon autant du moins que cela est possible. Nous avons parlé (p. 250) de l'influence que la propriété d'être claire exerce sur la bonne conservation d'une bière. Nous avons donc à dire encore ici quelques mots seulement sur la nécessité de tenir la bière à l'abri du contact de l'air.

Une conséquence de la préservation incomplète du contact de l'air est la formation d'une certaine quantité d'acide acétique. Les bières passent alors à l'état de bières aigres.

Bières aigres. — Lorsque l'alcool est étendu et lorsqu'il se trouve en contact avec des molécules qui sont à l'état d'activité chimique, il se transforme par l'action de l'oxygène de l'air en acide acétique : $C^4H^6O^2 + O^4 = C^4H^4O^4 + 2HO$. La production du vinaigre par procédé rapide en est un exemple. Il existe dans la bière une quantité abondante de molécules en mouvement. Il s'y trouve de l'alcool : il est donc seulement besoin que l'air ait accès pour qu'il puisse se produire du vinaigre.

Il se produit de l'acide acétique dans toutes les bières dès qu'elles sont exposées au contact de l'air : mais c'est dans les bières jeunes que cette production s'effectue le plus rapidement, et c'est dans les bières riches en alcool qu'elle a lieu le plus abondamment. Les bières de garde qui contiennent une quantité considérable d'acide lactique, sont moins exposées à devenir aigres : cependant dès qu'elles se trouvent en contact avec l'air, il doit s'y produire de l'acide acétique.

Les bières peuvent devenir aigres dans les tonneaux aussi bien que dans les flacons s'ils ne sont pas bien fermés.

C'est l'acide acétique qui rend la bière aigre, et la saveur aigre qu'il donne à la bière, ne doit pas être confondue avec la saveur acidule que l'on observe principalement dans les bières

de garde et qui provient surtout de la présence d'une certaine quantité d'acide lactique.

Quelquefois les bières peuvent devenir aigres même dans des tonneaux fermés lorsque, en remplissant de bière les tonneaux pour pouvoir, après que la fermentation complémentaire est terminée, transvaser la bière plus claire dans d'autres tonneaux, on n'a pas eu soin de la maintenir autant que possible à l'abri du contact de l'air. Cela peut aussi arriver lorsqu'on a laissé la bière séjourner longtemps dans des tonneaux partiellement remplis, surtout lorsque la température du cellier n'est pas suffisamment basse. Dans des cruches ou dans des flacons fermés, il est impossible que la bière devienne acide, parce que l'air qui est nécessaire pour transformer l'alcool en acide acétique, ne peut pas y avoir accès.

Bières plates. — Plus d'une cause peut contribuer à ce que les bières deviennent plates. Dans le cas le plus simple, l'absence de saveur de la bière peut être seulement la conséquence de ce qu'il s'est volatilisé de l'acide carbonique. J'ai déjà observé à plusieurs reprises que, dans aucune bière, l'acide carbonique ne peut faire défaut; que, quelque faible que cette fermentation puisse être, il doit toujours se produire dans la bière une fermentation, en sorte que, lorsqu'on conserve la bière dans des tonneaux, l'acide carbonique qui se dégage doit être remplacé continuellement par une nouvelle quantité d'acide carbonique qui se produit. Cela arrive aussi bien dans les bières de garde préparées au moyen de la fermentation superficielle que dans les bières obtenues au moyen de la fermentation par dépôt.

Si, dans une bière quelconque, pour qu'elle soit réellement une bière, il doit se trouver et se produire de l'acide carbonique, une bière qui a perdu tout son acide carbonique peut, par cette raison, être déjà considérée comme malade : mais l'essence de la maladie présente une cause plus intime que le simple dégagement de l'acide carbonique. La totalité de la portion de la levûre qui est soluble ou la totalité de la substance susceptible de déterminer la fermentation peut être consommée, ou bien encore tout le sucre qui devait entretenir cette fermentation lente, a pu être décomposé. Dans cette dernière hypothèse, la bière ne peut plus devenir acide :

par suite du manque de sucre et d'acide carbonique, elle devient fade.

Bières filantes. — Le fait que certaines bières deviennent filantes, peut être attribué à ce que la dextrine qui existe dans la bière et le sucre qui s'y trouve encore, se transforment en mucus végétal. Desfosses a reproduit artificiellement cette transformation en faisant bouillir la levûre de bière avec de l'eau, en ajoutant à cette liqueur une grande quantité de sucre et en laissant reposer le tout pendant quelque temps dans un endroit chaud. Le mucus végétal qui se produit, fait devenir bientôt la liqueur épaisse. Péligot, en traitant de la même manière le gluten, a obtenu une quantité de mucus végétal égale à environ $^1/_3$ de la quantité de sucre employée (1). Je me suis déjà occupé de cette question dans un autre ouvrage (2).

Lorsque cette maladie se produit dans la bière, elle paraît provenir de phénomènes morbides préexistants dans le malt et dans le moût.

Dans les bières de garde, surtout dans celles pour la préparation desquelles on a employé une quantité considérable de froment, la transformation se produit à un degré plus ou moins prononcé, sans que la bière soit aucunement altérée. Une bière de ce genre est caractérisée par sa consistance presque sirupeuse, bien que la quantité d'extrait qui s'y trouve, n'indique pas qu'il y existe en somme une grande quantité de dextrine. Cela se présente d'une manière frappante dans le lambick provenant d'une brasserie d'Utrecht. Cette bière, lorsqu'on la verse, forme une colonne filiforme : elle est très-épaisse et ne comporte pas plus de 3,5 pour 100 d'extrait. La dextrine s'est donc transformée en mucus végétal.

Bières moisies. — Les bières plates moisissent rapidement : la moisissure d'une bière est, dans la plupart des cas, la conséquence de ce qu'elle était plate. Mais, d'autre part, la production de la moisissure dans une bière peut provenir de ce qu'elle a été enfermée dans des tonneaux dont les parois étaient couvertes de moisissures, ainsi que cela peut arriver à des tonneaux qui ont séjourné dans des caves dans lesquelles l'air n'a que difficilement accès.

(1) Dumas, *Chimie appliquée aux arts*, t. VI, p. 335.
(2) *De Wijn*, p. 101.

CHAPITRE XIII

DE LA COMPOSITION DE LA BIÈRE.

Nous devons d'abord distinguer dans la bière quatre parties constituantes dont les quantités respectives peuvent présenter des variations illimitées ; ces quatre substances sont l'acide carbonique, l'alcool, l'extrait qui reste comme résidu lorsqu'on évapore la bière et l'eau dans laquelle ces substances sont dissoutes.

Acide carbonique. — En ce qui concerne la quantité d'acide carbonique, on observe entre les bières de très-grandes différences. Une bière très-mousseuse peut laisser dégager de 6 à 8 fois son volume d'acide carbonique, et il n'est pas extraordinaire de voir les bières jeunes préparées en Hollande fournir une écume qui dépasse de 3 à 4 fois le volume de la bière, bien qu'il reste encore dans la bière une quantité considérable d'acide carbonique.

Les bières non mousseuses contiennent une quantité différente d'acide carbonique. On sait que l'on peut dissoudre dans l'eau, à la pression ordinaire de l'atmosphère, un volume d'acide carbonique à peu près égal au sien. Les substances solides amoindrissent la faculté que possède l'eau de dissoudre l'acide carbonique : la bière qui, outre l'alcool, tient en dissolution quelques centièmes de principes solides, ne peut donc pas, lorsqu'elle est renfermée dans un tonneau en bois dont l'acide carbonique peut s'échapper, contenir une quantité d'acide carbonique aussi considérable que le volume même de la bière.

Toutefois, comme la fermentation continue toujours, l'acide carbonique qui se dégage, est toujours remplacé, lors même que la bière n'est pas renfermée dans des tonneaux dans lesquels l'air ne peut pas pénétrer ; dans les bières de garde qui séjournent dans les tonneaux, la quantité d'acide carbonique n'est donc pas sujette à de grandes variations. D'après les déterminations de Kaiser et d'autres expérimentateurs, la quantité d'acide carbonique varie en poids de 0,18 à 0,1 pour cent : elle est donc au maximum de 18 parties d'acide carbonique pour 10000 de bière ou de 2 pour 1000. Un litre d'acide car-

bonique pèse presque 2 grammes à la pression atmosphérique ordinaire. Par conséquent, une bière qui contient en poids $\frac{2}{1000}$ d'acide carbonique, en serait presque saturée si elle n'était que de l'eau. Une bière qui contient 0,18 pour cent ou $\frac{18}{10000}$ d'acide carbonique en poids, contient donc autant d'acide carbonique que de l'eau qui en serait saturée sans pression.

Ces résultats nous suffisent pour nous rendre compte de la quantité d'acide carbonique qui est contenue dans une bonne bière de garde qui n'est pas mousseuse. Elle est toujours moindre que le volume total de la bière dans laquelle cet acide carbonique est dissous et plus forte que la moitié de ce volume. Dans les circonstances les plus favorables, la bière qui tient en dissolution des substances solides, ne peut pas contenir une quantité d'acide carbonique aussi grande que celle qui serait absorbée par l'eau sans pression.

Toutefois, la bière non mousseuse contient une forte proportion d'acide carbonique et c'est une des raisons pour lesquelles elle est généralement appréciée comme boisson.

Si la fermentation lente de la bière a lieu dans des tonneaux ou dans des flacons hermétiquement fermés, l'acide carbonique s'y accumule précisément comme s'il y avait été comprimé au moyen d'une pression artificielle et bien que, lorsqu'on la verse, une quantité considérable d'acide carbonique se perde dans l'air, il en reste encore une quantité considérable dans la liqueur lorsque cette dernière ne reste exposée que très-peu de temps au contact de l'air.

Une indication plus exacte de la quantité d'acide carbonique qui est condensée dans les bières mousseuses, est du reste à peine nécessaire : en effet la bière la plus mousseuse contient, lorsqu'on la livre à la consommation, une quantité très-variable d'acide carbonique : la plus grande partie de cet acide s'est perdue dans l'air pendant qu'on versait la bière. Lorsque la bière a cessé de mousser, elle doit contenir au maximum un volume d'acide carbonique à peu près égal au sien, ce qui représente en poids à peu près 2 grammes pour 1 litre de bière (1).

(1) Pour empêcher l'acide carbonique de s'échapper des tonneaux qui sont partiellement remplis d'air, Wecker (*Polyt. centr. Blatt.*, 1857, p. 895) a recommandé de comprimer de l'air dans les tonneaux : cet air exerce alors une pression sur la bière et par conséquent aussi sur l'acide carbonique qu'elle contient, en sorte que cet acide ne peut pas s'échapper.

Alcool. — La quantité d'alcool contenue dans la bière varie aussi notablement, entre les limites de 2 à 8 pour cent, en sorte que les bières les plus fortes, relativement à la quantité d'alcool, marchent de pair avec les vins les plus faibles.

La quantité d'alcool, contenue dans la bière, ne dépend pas seulement de la quantité de grains qui a été employée à la préparation de la bière : si l'on a employé beaucoup de grains, si l'on a traité convenablement le malt et si la fermentation s'est bien accomplie, la quantité d'alcool doit être plus grande. Le contraire doit avoir lieu lorsque la fermentation n'a pas eu un cours bien régulier.

La quantité d'alcool qui se produit dans la bière par une bonne fermentation, dépend de la quantité de sucre et de la quantité de substance susceptible de se transformer en levûre qui préexistait dans le moût, en sorte que, en général, les bières d'une saveur douce ne sont pas très-alcooliques et que les bières riches en alcool ne sont pas douces, de même que cela se présente pour le vin.

Extrait. — Moins on a employé de grains pour la préparation d'une bière, moins cette bière contient de substances solides. C'est ce qui se présente lorsque l'amidon du malt a été transformé aussi complétement que possible en sucre pendant l'empâtage et lorsque, dans la fermentation, le sucre a été transformé aussi complétement que possible en alcool et en acide carbonique.

Des bières très-fortes, c'est-à-dire très-alcooliques, peuvent donc donner seulement une petite quantité de matières solides par l'évaporation. Mais ce résidu contient alors une quantité considérable de substances salines et, sous ce rapport, la bière est encore un aliment d'un pouvoir nutritif important.

La quantité de substances solides qui reste comme résidu après l'évaporation de la bière, présente des variations très-

Ce procédé peut présenter des difficultés dans la pratique : mais il paraît pouvoir bien répondre au but proposé.

Wecker voudrait que l'on soumît à la même pression la bière contenue dans les grands tonneaux dans lesquels on conserve la bière dans les caves, dans les véritables pays à bière, et dont on la soutire directement pour la livrer à la consommation, afin de se préserver ainsi de la petite perte d'acide carbonique qui est inévitable lorsqu'on fait usage d'une pompe aspirante.

Il resterait cependant à savoir si l'air ainsi condensé dans les tonneaux n'expose pas la bière à devenir acide.

notables ; ordinairement, elle est de 3 à 6 pour 100, mais il y a des bières qui en contiennent beaucoup plus. C'est ce résidu qui contient surtout les parties constituantes nutritives de la bière.

On détermine cette quantité d'extrait en évaporant la bière au bain-marie et en desséchant le résidu à 130°. Il prend une couleur toujours de plus en plus foncée et se modifie par suite de plus en plus.

D'après des expériences de Dufft que nous indiquerons plus loin, la méthode de Balling dans laquelle on déduit la quantité d'extrait de la pesanteur spécifique de la bière dont on a séparé l'alcool par évaporation et que l'on a ramenée à son volume primitif par une addition d'eau, paraît avoir donné, par comparaison avec une dissolution de sucre, de bons résultats. Sur les onze expériences, neuf ont donné des résultats concordants. J'ai exposé précédemment p. 239 la méthode de Balling.

C'est ici l'endroit le plus convenable pour indiquer les différents résultats que l'on a trouvés par la détermination des quantités d'alcool et d'extrait contenues dans les différentes bières. De leurs quantités respectives et de la quantité d'alcool dépendent surtout les propriétés de la bière. Mais on ne doit pas croire que ces déterminations fassent connaître tout ce que l'on peut désirer relativement à la bière. On peut désirer que la bière soit claire ou trouble; qu'elle soit d'une saveur acidule ou d'une saveur douce ; qu'elle présente une saveur amère ou qu'elle ne soit pas amère ; qu'elle soit brune, brun-clair ou blanche, qu'elle soit mousseuse ou non mousseuse et qu'elle présente encore d'autres propriétés différentes ; on peut désirer surtout qu'elle soit plus ou moins houblonnée.

Comme nous devions nous occuper plus loin de l'étude des parties constituantes de la bière, il ne paraîtra pas superflu de donner ici une indication des résultats que l'on a trouvés pour la quantité d'alcool et la quantité d'extrait. J'indiquerai en même temps les autres parties constituantes lorsque ces indications auront été données.

Il est difficile de faire un choix parmi les déterminations des parties constituantes de la bière qui ont été faites. Je ne les ai cependant pas citées toutes, mais j'en ai cité un grand nombre, et de préférence celles des bières, de provenance bien connue, qui ont été faites par des méthodes éprouvées, au-

tant que la méthode par laquelle on a opéré l'analyse, a été indiquée. Cependant j'ai des doutes sur quelques déterminations, mais *relata refero*. Toutes ces analyses répondent complétement à ce que l'on peut en exiger, et notamment elles donnent bien une idée générale de la composition de la bière et des sortes de bières les plus renommées.

KAISER (1) (BIÈRE DE BAVIÈRE EN 100 PARTIES).

	DATES.	PESANTEUR spécifique.	ALCOOL.	EXTRAIT.	ACIDE CARBO. p. 1000 PR.
BIÈRE JEUNE D'HIVER.					
De la brasserie des Augustins de Munich..	1849	1,018	3,9	5,9	1,4
De la brasserie Leist de Munich.....	1853	1,019	3,3	6,0	1,6
D'Augsbourg.....	1854	1,013	4,0	4,5	1,8
De Bayreuth.....	1854	1,016	2,3	5,4	1,8
De Landshut.....	1854	1,018	3,4	5,7	1,8
D'Anspach.....	1854	1,015	3,2	5,2	1,8
BIÈRE DE GARDE D'ÉTÉ.					
De la brasserie de la cour à Munich.....	1846	1,011	4,4	3,9	1,6
De la brasserie de Deigel-Maier.....	1853	1,022	3,7	6,6	1,3
De la brasserie de la Cour.....	1852	1,018	4,3	5,1	1,8
Du Cloître des Franciscains (âgée de 10 mois)	1853	1,012	5,2	5,0	1,5
BIÈRES FORTES.					
Double bière de la brasserie de Zacherl....	1853	1,026	5,2	7,8	1,8
Salvator-bier de la même brasserie.....	1853	1,034	4,6	9,5	1,3
Bock-bier de la brasserie de Mader.....	1852	1,027	4,2	9,2	1,7
Ale de la brasserie de Sedelmaier.....	1850	1,022	7,8	8,4	1,8
AUTRES BIÈRES.					
De Wanka, à Prague (ferment. par dépôt).	1848	1,013	4,8	4,7	1,8
De Pstross, à Prague (ferment. superficielle)	1844	1,017	4,5	5,1	1,5
Porter de Barclay-Perkins, Londres.....	1852	1,017	5,4	6,0	1,6
Scotiche-ale de W. Younger, Edimbourg, âgée de deux ans.....	1851	1,030	8,5	10,9	1,5
Lambick de Bruxelles.....	1841	1,004	5,5	3,4	2,0
Faro de Bruxelles.....	1841	1,004	4,9	3,0	2,0
Bière d'orge de Bruxelles.....	1841	1,006	5,0	3,8	1,9
Mumme de Brunswick.....	1854	1,231	3,6	17,6	1,2

(1) Gerding, in Musprat-Stohmann, *l. c.*, p. 691.

	DATES.	PESANTEUR spécifique.	ALCOOL.	EXTRAIT.	ACIDE CARBO. p. 1000 part.
KAISER (1) (BIÈRE DE BAVIÈRE).					
Bière de Brey, à Munich	»	»	3,0	5,8	»
Bière du comte Buttlar	»	»	2,7	5,9	»
Bière de trois ans	»	»	3,7	3,9	»
Bière d'un an	»	»	3,5	3.6	»
Double bière des Augustins	»	»	3.6	8,0	»
Salvator-Bier de Zacherl	»	»	4,2	8,1	»
Bock de la brasserie de la Cour	»	»	4,0	7,2	»
Bière à l'instar de l'ale	»	»	6,0	7,0	»
KAISER (2) (BIÈRE BELGE).					
Lambick de Bruxelles	»	»	4,7	3,4	»
Faro de Bruxelles	»	»	4,1	3,0	»
Bière d'orge de Bruxelles	»	»	4,2	3,8	»
KAISER (BIÈRE DE BRUNSWICK).					
Mumme de Brunswick	»	»	1,8	39,0	»
Bière de garde, brassée par la méthode bavaroise, Otto	»	»	3,5	5,4	»
Bière douce de Brunswick, Otto	»	»	1,3	14,0	»
Bière de Brunswick, brassée par la méthode munichoise, Balhorn	»	»	5,0	6,5	»

Leo (3) a analysé deux espèces de bières de Munich, désignées sous les noms de *Heilige Vater-Bier* (comment peut-on donner un pareil nom à une bière?) et de *Bockbier*. Toutes les deux sont des bières d'une bonne qualité, des bières doubles. La première est mise en vente le 2 avril de chaque année dans la brasserie de Zacherl. Le *Bockbier*, qui est préparé seulement dans la brasserie royale, est livré à la consommation en mai.

	Pesant. spécif.	Alcool.	Extrait.	Acide carb.
Bière désignée sous le nom de Heilige Vater-Bier	1,03	4,9	13,0	0,08
Bockbier	1,02	3,9	8,5	0,08

Le liquide que l'on avait obtenu en soumettant à la distil-

(1) *Kunst und Gewerbe-Blatt des Polyt. Vereins in Berlin*, 1842 : extraits du *Pharm. Centr. Blatt.*

(2) *Loc. cit.*, 1842.

(3) Erdmann's *Journal für praktische Chemie*, t. XVII, p. 107.

lation la première sorte de bière, n'était pas du tout acide: pour la seconde, on n'a pas donné d'indication analogue.

Heydloff (1) a obtenu les résultats suivants :

	Alcool.	Extrait.
Bière de Nuremberg.....	3,8	6,2
— d'Erlangen	3,8	6,0
— de Bamberg.....	4,1	5,8
— d'Erfurth, de Treitsckhe..	3,7	5,5
— — de Schlegel....	4,1	6,5
— — de John.....	3,7	6,0
— — de Büchner....	4,2	6,5
Porter anglais.....	5,1	9,2

Nous devons à Bley (2) les analyses suivantes :

	Pesanteur spécif.	Acide acétique.	Acide carbon.	Extrait.	Alcool.
Bière brune, Bernburg.....	1,028	0,0068	0,15	7,75	3,66
Gose (bière blanche).....	1,02	0,005	0,11	4,3	5,0
Broyhan de Plessen (bière blanche)	1,015	0,0055	0,076	4,4	5,0
Vérit. bière de garde de Bavière.	1,005	0,0011	0,14	6,4	8,3
Bière de Bavière de Ballendstädt.	1,0055	0,0052	0,119	5,5	9,5

Dufft (3) a trouvé, dans la bière de Rudolstadt, sur 100 parties :

Alcool.....	4,84
Gluten, albumine végétale.....	0,06
Extrait précipitable par un sel de plomb....	2,96
Gomme et mucus végétal avec phosphates..	3,00
Sucre et acides végétaux.....	1,36
Eau.....	87,88

Dans 11 sortes de bière dont 1 à 6 étaient des bières de garde et 7 à 11 des bières préparées par fermentation superficielle et qui avaient été brassées à Rudolstadt, il a trouvé :

	Pesanteur spécif. à 17°,5	Alcool en poids.	Extrait.	Pesant. spécif. de la bière dont on a préalablement séparé l'alcool, prise à 17°,5.
1.....	1,012	4,8	5,0	1,020
2.....	1,012	3,4	4,3	1,017
3.....	1,013	4,0	5,0	1,020
4.....	1,012	3,9	5,5	1,022
5.....	1,005	3,9	3,8	1,015

(1) *Polyt. Central Blatt*, 1853, p. 699.
(2) *Archiv. der Phar.*, t. XCVI, p. 146.
(3) *Archiv. der Pharm.*, 2e série, t. XXXVIII, p. 280.

6.....	1,008	3,9	4,0	1,020
7.....	1,015	2,4	4,3	1,017
8.....	1,013	2,6	4,0	1,016
9.....	1,012	2,4	4,5	1,018
10.....	1,019	2,0	6,0	1,024
11.....	1,007	2,1	3,5	1,013

Lacambre (1) a donné les indications suivantes qui sont les résultats d'analyses dont le plus grand nombre ont été faites par lui. Les premiers nombres expriment les résultats obtenus pour la bière jeune, tandis que les seconds expriment les résultats obtenus pour la bière de garde.

	Alcool.		Extrait.	
Ale de Londres.....	7	8	6,5	5
Ale de Hambourg.....	5,5	6	6	5
Ale ordinaire de Londres.....	4	5	5	4
Porter.....	5	6	7	6
Porter ordinaire de Londres...	3	4	5	4
Salvator de Munich.....	5	6	12	10
Bock de Munich.....	3,5	4	9	7
Bière ordinaire de Bavière....	3	4	6,5	4,5
Lambick de Bruxelles.....	4,5	6	5,5	3,5
Faro de Bruxelles.....	2,5	4	5	3
Gulde beer de Diest.....	3,5	6	8	5,5
Peeterman de Louvain.....	3,5	5	8	5,5
Bière blanche de Louvain 1re..	2,25	3,25	5	3,5
Double uytzet de Gand.....	3,25	4,5	5	4
Uytzet simple de Gand.....	2,75	3,5	4	3
Bière d'orge d'Anvers.....	3	3,5	4,5	3
Bière forte de Strasbourg.....	4	4,5	4	3,5
Bière forte de Lille.....	4	5	4	3
Bière blanche de Paris.....	3,5	4	8	5

WACKENRODER (2).

	Alcool.	Extrait.	Albumine.	Cendres.
Bière de Lichtenhain.....	3,2	4,5	0,05	0,2
Bière d'Ilmenau.....	3,1	7,1	0,08	0,2
Bière d'Iéna (soi-disant d'Erlangen).....	3,0	6,1	0,05	0,2
Bière de Weimar (soi-disant de Bamberg).	2,8	6,3	0,03	0,2
Bière de Oberweimar.....	2,6	7,3	0,02	0,3
Double bière d'Iéna.....	2,1	7,2	0,03	0,2

(1) *Loc. cit.* p. 258.
(2) Erdmann's *Journal*, 1834.

BIÈRE DE HESSE (1).

	Alcool.	Extrait.
Bière de Kinz.....	4,7	4,6
— Schwarzel.....	3,9	4,8
— Barth.....	3,5	4,3
— Schreiber.....	3,3	4,2
— Ampt.....	3,3	3,8

BIÈRE DE HANOVRE (2).

	Alcool.	Extrait.
Bière de Clausthal.....	6,0	6,3
— Meyer.....	4,4	6,5
— Wölde.....	4,8	4,3
— la brasserie Amts...	1,9	11,0

LUDWIG HOFFMANN (3).

	Pesanteur spécif.	Acide carboniq.	Alcool.	Extrait.
Burton ale.....	1,047	0,039	6,6	15,0
Pale ale.....	0,009	0,067	5,6	4,6

BALLING (4).

	Alcool.	Extrait.
Bière d'Erlangen.....	3,3	4,5
Bière de garde de Bavière.....	4,3	4,7
13 sortes de bière de Prague..	2,2	5,0
	4,0	10,9
Ale de Londres.....	8,1	15,9
Porter de Londres.....	6,9	6,8

CHRISTISON (5).

Quantité d'alcool contenue dans quelques bières.

	Alcool.
Ale d'Édimbourg, avant le soutirage.....	5,7
— qui avait été conservée pendant deux ans dans des flacons bouchés.....	6,1
Porter qui avait été conservé pendant quatre mois....	5,4

(1) Analysée par une commission du *Gewerbevereins*, 1839.
(2) *Mittheilungen, des Gew.-Vereins in Konigreiche Hannover*, 1835.
(3) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LVI, p. 126.
(4) *Loc. cit.*, p. 693.
(5) Berzelius, *Jahresbericht*, t. XXI, p. 393.

BRANDE.

	Alcool.
Porter fortement mousseux (Brown-stout).....	6,3
Porter faiblement mousseux.....	3,9
Ale.....	8,2

LIEBIG.

Bière de Giessen.....	3,9 (1)

Engelmann (2) a fait, dans le laboratoire de Fresenius, des déterminations de la quantité respective des principes contenus dans la bière de Wiesbaden (les quatre premières sortes sont des bières doubles : la dernière est de la petite bière) qui présentent, entre autres, une grande importance au point de vue de la comparaison des différentes méthodes d'analyses. Pour 1, 2 et 3, les déterminations ont été faites par la méthode de Balling : pour 4 et 5, ces déterminations ont été effectuées par la méthode optique de Steinheil.

	1	2	3	4	5
	Extrait fourni par l'inf. de malt.	Extrait fourni par la bière.	Alcool calculé.	Extrait.	Alcool.
1.....	14,9	6,5	4,4	6,4	4,3
2.....	12,4	6,1	3,2	6,2	3,2
3.....	11,4	4,4	3,6	4,5	3,6
4.....	11,3	5,0	3,2	5,1	3,1
5.....	10,9	5,1	2,9	»	»

Pour ces bières, on a en outre effectué la détermination de leurs parties constituantes plus intimes, dextrine et substances salines, sucre et alcool, et par la comparaison de 1 et 2 ou de l'extrait d'infusion de malt et de l'extrait de bière, on a pu trouver la quantité de sucre qui était transformée en alcool; on pouvait déduire de là par le calcul la quantité d'alcool qui, d'autre part, avait été déterminée directement.

(1) Pour un grand nombre de sortes de bières qui n'ont pas été indiquées ici, on peut trouver dans le *Pharm. Central Blatt*, 1834, p. 97, les déterminations de leurs quantités d'extrait et d'alcool faites par Accum, Brande, Schrade, Wackenroder, Lampadius.

En ce qui concerne les bières anglaises, on peut trouver dans Hassall, *Foods and its adulterations*, London, p. 632, un certain nombre de déterminations d'alcool, d'acides, de gomme, de sucre, etc.

(2) Erdmann's *Journal*, t. L, p. 133.

	DANS LA BIÈRE.				
	Dextrine et sels.	Sucre.	Sucre décomposé.	Alcool que l'on aurait dû obtenir.	Alcool obtenu
1.....	5,4	1,1	8,5	4,3	4,2
2.....	5,1	1,0	6,2	3,2	3,1
3.....	3,6	0,7	7,1	3,6	3,5
4.....	4,0	1,0	6,3	3,2	3,1
5.....	4,2	0,9	5,7	2,9	2,9

Quelque exacte que soit cependant cette concordance, elle présente une cause d'erreurs qui vient de ce que, dans la fermentation, il se volatilise de l'eau et de l'alcool, en sorte que, à moins que les quantités respectives d'eau et d'alcool qui se sont évaporées, soient proportionnelles, il doit y avoir une différence.

Les résultats de Schafhautl, de Kaiser, de Büchner et de Pettenkofer (1) qui, en comparant les résultats de l'analyse avec les résultats obtenus tant par la méthode de Balling que par celle de Fuchs, ont trouvé plus d'alcool, sont en opposition avec cette concordance. D'autre part, la quantité d'extrait que l'on déterminait par évaporation, était plus faible que ne l'indiquait la méthode de Balling.

J'ai engagé Hekmeijer à analyser quelques bières de Hollande et surtout des bières d'Utrecht. La méthode qu'il a suivie, sera décrite plus loin. De ces résultats qui vont suivre, il résulte que, parmi ces bières, il s'en trouve réellement quelques-unes qui ne doivent pas être rejetées. Ce que l'on a indiqué comme acide lactique, c'est la quantité des acides fixes et libres.

(1) *Polyt. Central Blatt*, 1848, p. 972 et 1855, p. 675.

BIÈRES D'UTRECHT.	ALCOOL pour 100 VOLUM.	ACIDE ACÉTIQUE pour 100 PARTIES en poids.	ACIDE LACTIQUE pour 100 PARTIES en poids.	ACIDE CARBONIQUE pour 100 PARTIES en poids.	EXTRAIT pour 100 PARTIES en poids.	CENDRES pour 100 PARTIES en poids.	ALBUMINE pour 100 PARTIES en poids calc. sur 15,5 N.
Oud bruin bier du Boog.	3,8	0,035	0,32	0,073	3,36	0,34	0,41
Nieuw ligt du Boog....	4,1	0,008	0,25	0,103	2,86	0,25	»
Lambick du Boog.....	5,4	0,016	0,35	0,159	3,49	0,36	»
Lambick du Krans....	4,6	0,120	0,40	0,090	1,79	0,21	»
Bière de table du Aker..	4,4	0,044	0,16	0,163	3,41	0,34	»
AUTRES BIÈRES.							
Prinsessen-Bier.	4,0	0,060	0,17	0,090	2,60	0,21	0,46
Heumens-Bier.....	4,2	0,012	0,27	0,135	2,79	0,28	»
Bosch Bier de la veuve. Heeren.....	5,2	0,044	0,42	0,010	4,83	0,38	»

Comme on peut le voir, les bières analysées ne manquent pas d'alcool: mais si l'on en excepte le boschbier, la quantité d'extrait n'est pas considérable. Toutefois nous ne devons pas omettre d'observer que, dans les expériences de Hekmeijer, les extraits qui avaient été maintenus à une température de 130°, étaient réellement secs. On se demande si cela s'applique également aux déterminations d'extraits de bière des autres chimistes. Quelque simple que soit la dessiccation d'une substance organique, on ne l'opère souvent qu'incomplétement parce qu'on emploie une température trop basse.

Une bière de Hollande d'une très-bonne qualité est celle de Nuijs et Cie de Middelbourg que l'on apprécie généralement à cause de sa limpidité, de sa faculté de se conserver et de sa saveur. Avec un extrait dont la quantité s'élève à 5,18, on trouve les parties constituantes suivantes; les principes du houblon, les matières grasses et les autres substances qui peuvent être mélangées, n'ont pas été déterminées séparément:

Alcool (en volume).....	4,95	
Substances albumineuses.....	0,83	5,18
Sucre, dextrine et matières extractives...	3,67	
Substances incombustibles.....	0,42	
Acide lactique.....	0,26	
Acide acétique.....	0,02	
Acide carbonique.....	0,10	

Bien que, en les considérant au point de vue de leurs facultés nutritives et de leurs facultés excitantes, je sois loin de considérer les autres bières de Hollande analysées comme devant être rejetées, bien que j'admette au contraire que les bières de Hollande et notamment les sortes qui ont été soumises à l'analyse, sont essentiellement nutritives, je crois cependant, sous le rapport de la qualité, devoir mettre en première ligne les bières de Nuijs et Cie.

On peut obtenir avec une exactitude suffisante la quantité des parties constituantes de quelques sortes de bière, en se basant sur la force que présentait après la cuisson l'infusion de moût qui avait servi à préparer ces bières. Nous pouvons partir ici de cette hypothèse que 1 partie d'alcool consomme, pour se produire, 2 parties de sucre.

Prenons pour exemple la bière de Nuijs et Cie que nous avons

citée en dernier lieu. Il s'y trouve 4,95 pour 100 d'alcool : dans l'infusion de malt, il devait donc exister 9,9 pour 100 de sucre. Si nous ajoutons les 5,18 d'extrait pour 100, nous obtenons 15,08 d'extrait pour 100 dans le moût avant la fermentation.

Prenons pour autre exemple une ale d'Écosse (p. 324) dans laquelle on a trouvé 8,5 d'alcool et 10,9 d'extrait, nous obtiendrons : $8,5 \times 2 = 17 + 10,9 = 27,9$ pour 100 d'extrait dans le moût avant la fermentation.

Pour cette dernière, on doit employer par conséquent trois fois plus de grains ou trois fois moins d'eau pour l'infusion du malt que pour celle dont nous avons donné un exemple p. 235.

Autres parties constituantes. — Dans ce qui précède, nous avons donné un aperçu des quantités respectives d'alcool, d'acide carbonique et de principes solides que laisse la bière par l'évaporation ; sous ce rapport, il y a des concordances et des discordances.

Pour que nous puissions nous rendre un compte exact des chiffres trouvés, nous devons connaître d'une manière plus approfondie chacune des parties constituantes en particulier que l'on rencontre dans la bière et dont le nombre est loin d'être peu considérable.

Parmi les parties constituantes de l'extrait de bière, nous rencontrons inévitablement : de la dextrine, du sucre, de l'acide tannique ou de l'acide gallique, de la substance amère et de la résine de houblon, des substances albumineuses de différentes espèces, de l'extrait de levûre, de l'extrait de houblon, de la matière grasse, des sels ammoniacaux provenant de la décomposition de la levûre, des substances salines provenant du malt, du houblon et de l'eau. Nous connaissons ces dernières puisque nous connaissons leur provenance. Nous trouvons en outre des lactates et de l'acide lactique libre dont on doit admettre l'existence dans toutes les bières ; les lactates se sont produits par l'action de l'acide lactique libre sur les carbonates contenus dans l'eau. Nous rencontrons aussi des acétates et une quantité plus ou moins grande d'acide acétique libre dont nous nous occuperons d'une manière plus approfondie en examinant les parties constituantes volatiles de la bière. — Lorsqu'on a employé du malt fortement touraillé, nous devons encore retrouver dans la bière les produits pyro-

génés du malt, l'assamare et le caramel. Mais nous y rencontrons en outre des malates qui proviennent du houblon et des substances que l'on ajoute quelquefois à la bière dans la bonne intention d'améliorer la qualité de la bière en lui communiquant telle ou telle propriété, ou dans l'intention blâmable de masquer une mauvaise qualité de la bière ou de remplacer un principe utile par un principe moins bon et de moindre valeur.

En passant en revue ces parties constituantes, nous nous arrêterons sur les plus importantes. Il n'est pas besoin d'indiquer que le *sucre* dont il est ici question, est du sucre de fruits et que l'espèce de sucre de fruits à laquelle il appartient, vient se placer à la limite extrême de la série des sucres et se transforme excessivement facilement en acide glucique : que la *dextrine*, dans la bière brune, est mélangée avec de la *substance gommeuse produite par torréfaction*. Nous n'avons pas besoin de nous arrêter sur le fait même de l'existence de ces trois substances dans la bière; mais nous dirons encore un mot sur leurs quantités respectives.

Les quantités de *dextrine*, de *sucre* et de *substance gommeuse produite par torréfaction* sont proportionnelles à la quantité d'extrait : elles en constituent ensemble environ les 7/8. Dans les bières douces, c'est le sucre qui domine : dans les bières épaisses peu colorées, c'est la dextrine : dans les bières brunes, c'est la substance gommeuse produite par torréfaction, soit seule, soit réunie à la dextrine. Les deux premières sont assurément des principes nutritifs : en ce qui concerne la dernière, cela dépend de la température à laquelle la dessiccation à la touraille a été effectuée. En général, si l'on fait abstraction des bières très-épaisses, la quantité des trois substances indiquées est faible : une beurrée peu épaisse contient une quantité de principes nutritifs beaucoup plus considérable qu'un litre de bonne bière dans lequel 30 à 40 grammes des trois substances indiquées se trouvent mélangés.

J'ai laissé indécise la question de savoir si la substance gommeuse produite par torréfaction devait être comptée, dans toute la force de l'expression, parmi les substances nutritives de la bière qui se transforment entièrement en sucre dans l'organisme humain. Ce qui n'a lieu qu'incomplétement dans le moût (p. 136), pourrait peut-être s'effectuer entièrement par

l'action de la salive ou du suc pancréatique. Les observations nécessaires font encore ici entièrement défaut.

Substances albumineuses. — Si l'on ne tient compte que de sa nature même, la bière ne doit pas contenir une grande quantité de substances albumineuses; j'ai déjà examiné plusieurs fois ce sujet avec une exactitude suffisante; j'ai également fait observer à plusieurs reprises que les différentes sortes de bières peuvent et doivent même en contenir des quantités différentes.

Nous devons à peu près les seules connaissances que nous possédions sur ce sujet, à Gorup-Besanez qui a trouvé dans la liqueur résultant du traitement de l'extrait de bière par l'alcool une quantité d'azote égale à 1,73 grammes : cet extrait provenait de 100 litres de bière de Bavière. En partant, pour le calcul, d'une quantité d'azote égale à 15,5 p. 100, on obtient 25,58 grammes de substances albumineuses p. 100 litres, c'est-à-dire 1/4 gramme pour 1 litre. Mais les substances albumineuses de la bière ne sont pas entièrement solubles dans l'alcool : le résultat que nous venons d'indiquer, n'exprime donc pas la quantité totale de substances albumineuses qui est contenue dans la bière.

Liebig, s'appuyant sur des indications contenues dans un mémoire de L. A. Büchner sur la puissance nutritive de la bière brune de Bavière, observe à cet égard (1) que sa puissance nutritive doit être très-faible, puisque, dans sa préparation, on tend toujours à séparer autant que possible toutes les substances albumineuses sous forme de levûre. S'il existe des substances albumineuses dans la bière, elles se trouvent, suivant Liebig, sous forme de levûre et sont maintenues en dissolution par l'acide acétique. Il fait voir du reste qu'il existe des sels ammoniacaux dans la bière, de telle sorte qu'une simple détermination d'azote ne permet d'arriver à aucune conclusion relative à la quantité de substance albumineuse contenue dans la bière.

La dernière observation est juste, mais son application est générale et non particulière. On ne peut aucunement déduire d'un dosage d'azote un résultat certain relativement à la quantité des substances albumineuses. Ce n'est que lorsque les

1) *Annalen*, t. LIV, p. 373.

autres méthodes de détermination de ces substances donneraient des résultats encore plus erronés, comme dans l'analyse des grains par exemple, que l'on doit employer ce mode de détermination.

Il est vrai qu'il existe des traces de sels ammoniacaux dans la bière, mais il n'y en a que des traces.

Dans les expériences de Graham, Hoffmann et Redwood, que nous avons indiquées p. 240, on trouve une observation relative à la quantité d'albumine contenue dans une infusion de malt et dans une bière. L'infusion de malt présentait une pesanteur spécifique de 1,088 et contenait 21 p. 100 d'extrait; cette infusion était donc très-forte. Avant la fermentation, elle contenait 0,217 p. 100 et, après la fermentation, 0,134 p. 100 d'azote. Avant la fermentation, elle contenait donc 3,43 et, après la fermentation, 2,11 de substances albumineuses (1): mais 0,217 et 0,134 donnent 1,4 p. 100 et 0,9 p. 100 de substances albumineuses.

Si donc cela est exact, il se trouverait, dans 21 parties de cet extrait de malt, 1,4 parties de substances albumineuses, c'est-à-dire, dans 100 parties d'extrait de malt, 7 parties de substances albumineuses.

Comparons à ce résultat celui que nous avons indiqué p. 229, duquel il résulte que 1/3 à 3/7 seulement ou en moyenne 2/3 de toutes les substances albumineuses sont enlevés au malt. Si nous admettons que, dans le malt touraillé, les substances albumineuses s'élèvent en moyenne à 12 p. 100 et que, dans l'empâtage, 70 p. 100 des substances contenues dans le malt soient dissoutes, nous trouvons dans 70 parties d'extrait de malt 5 parties de substances albumineuses, c'est-à-dire 7 p. 100. Par une voie toute différente, on arrive donc à un résultat identique avec celui que les chimistes anglais ont obtenu.

En prenant pour point de départ ce qui vient d'être indiqué, nous pouvons donc généraliser et admettre que, dans l'extrait de malt, il existe en moyenne 7 p. 100 de substances albumineuses.

Mais quelle quantité de ces substances rencontre-t-on dans l'extrait de bière? Les recherches des mêmes chimistes anglais nous fournissent à cet égard une réponse.

(1) Telles sont les indications que l'on peut lire dans le *Jahresbericht*, 1852, p. 802.

Par la fermentation, la quantité de substances albumineuses contenue dans 100 parties d'infusion de malt s'abaisse de 1,4 à 0,9, c'est-à-dire à peu près de 3 à 2, en sorte que 1/3 de ces substances albumineuses se sépare sous forme de levûre, et que les 2/3 de ces substances albumineuses passent dans la bière.

On ne peut cependant pas encore, pour différentes raisons, conclure de là qu'il se trouve dans l'extrait de bière 2/3 de 7 p. 100 ou 4,6 p. 100 de substances albumineuses : on doit d'abord faire remarquer que, par la cuisson et par le refroidissement, une partie de l'eau de l'infusion de malt s'évapore : mais, en outre, il n'existe pas de relation simple entre l'extrait de malt et l'extrait de bière à cause de la quantité différente de sucre qui est transformée en alcool, ce qui peut déterminer une augmentation relative de la quantité des substances albumineuses contenue dans l'extrait de bière.

Si, conformément à la détermination des chimistes anglais, 4,6 p. 100 des substances albumineuses de l'extrait de malt restaient dissoutes, et si les 2/3 du sucre de cet extrait de malt étaient décomposés par la fermentation, l'extrait de bière devrait contenir en moyenne 14 p. 100 environ de substances albumineuses.

Dans ce calcul, nous avons admis comme point de départ qu'il y avait 12 p. 100 d'extrait de malt dans l'infusion de malt dans laquelle 8 p. 100 de sucre sont décomposés par la fermentation : on devait donc obtenir un extrait de bière s'élevant à 4 p. 100. Je n'ai pas tenu compte ici de l'évaporation qui a lieu pendant la cuisson et pendant le refroidissement.

Une pareille bière est une bonne bière : elle contient 4 p. 100 d'alcool et 4 p. 100 d'extrait. — 4 p. 100 d'extrait, contenant 14 p. 100 de substances albumineuses, donnent 5,6 grammes de substances albumineuses pour 1 litre de bière.

Je pense en effet que ces nombres expriment approximativement la quantité moyenne de substances albumineuses contenue dans une bonne bière. Je reprends de nouveau les points fondamentaux du calcul. On suppose d'abord que le malt entièrement sec donne 70 p. 100 d'extrait; que les 2/3 des substances albumineuses du malt sont passés dans cet extrait : que l'infusion de malt donne 12 p. 100 d'extrait : que, dans la fermentation, 1/3 des substances albumineuses se sépare sous

forme de levûre et que, par cette fermentation, 8 p. 100 du sucre contenu dans ces 12 p. 100 d'extrait de malt sont transformés en alcool.

Si les relations sont différentes, la quantité des substances albumineuses contenues dans la bière est plus grande ou plus petite.

Que nous apprend du reste l'expérience sous ce rapport? Hekmeijer a trouvé dans l'extrait fourni par une *oud bruin bier* du *Boog* 1,60 et 1,68 pour 100 d'azote et dans l'extrait fourni par une *prinsessen bier*, 1,77. On en déduit par le calcul pour la quantité d'albumine contenue dans l'extrait provenant de la *oud bruin bier* 10,7 p. 100 et pour la quantité d'albumine contenue dans l'extrait provenant de la *prinsessen bier* 11,5 p. 100; ces résultats, comme on le voit, présentent une concordance suffisante avec ceux que nous avons trouvés par les deux autres méthodes; la *oud bruin bier* contenait 3,8 p. 100 d'extrait: la *prinsessen bier* contenait 4 p. 100 d'extrait (p. 331).

Dans un litre de bière, on trouve, ainsi que nous l'avons vu p. 331, pour la *oud bruin bier*, 4,1 grammes; pour la *prinsessen bier*, 4,6 grammes de substances albumineuses.

La bière de Nuijs et Cie dont il a été question p. 332, contenait une quantité double de substances albumineuses, c'est-à-dire 8,3 grammes pour 1 litre. L'albumine contenue dans l'extrait atteignait la proportion élevée de 16 p. 100 de l'extrait; en effet 100 parties d'extrait fournissaient 2,46 d'azote.

Payen (1) indique une bonne bière de Strasbourg dont l'analyse avait été faite par lui et par Poinsot. Cette bière, qui avait été préparée au moyen d'orge et de houblon, contenait:

Alcool	4,5
Extrait	4,8
Azote	0,08
Substances inorganiques	0,39

100 parties d'extrait sec donnaient 1,69 d'azote, en sorte que 1 litre de cette bière contenait 48,4 grammes d'un extrait dont la proportion d'azote était presque égale à celle de l'orge; en effet, en partant d'une quantité d'azote égale à 15,5 pour

(1) *Chimie industrielle*, 4e édition, 1859, t. II, p. 315.

100, on trouvait par le calcul 10,9 pour 100 de substance azotée. Dans 100 parties de cette bière, il se trouvait 0,08 d'azote : si l'on en déduit la quantité des substances albumineuses, on trouve 0,52 : ce qui nous donne de nouveau la forte proportion de 5 grammes par litre de bière.

Wackenroder dit avoir trouvé, dans toutes les bières, de l'albumine végétale qui se coagulait par l'évaporation de la bière et dont la quantité s'élevait à 1/4 et à 3/4 pour 100 du poids de l'extrait de bière (1). La quantité qu'il indique, est beaucoup trop faible. — Les analyses de Wackenroder que nous avions citées p. 327, indiquent pour les substances albumineuses contenues dans la bière une proportion qui est également peu considérable : il trouve, en effet, pour 10,000 parties de bière 2 parties comme minimum et 8 comme maximum. Ces quantités sont encore beaucoup trop petites.

Les substances azotées qui peuvent se trouver dans la bière, sont :

1° Des substances qui se sont produites par l'action de l'ébullition sur les substances albumineuses solubles dans l'eau ;

2° Des substances albumineuses solubles dans les acides faibles (acide acétique, acide lactique) ;

3° Un reste de parties constituantes d'agent transformateur qui s'est formé après la cuisson ;

4° De l'extrait de levûre (p. 268).

La bière donne avec l'acide tannique un précipité considérable, ce qui vient de ce qu'elle tient de l'albumine en dissolution. Et cependant le moût a été soumis à l'ébullition avant la fermentation, et il a même été bouilli avec du houblon contenant du tannin. — Combien sommes-nous loin de connaître cette classe importante de substances ?

Lorsque nous nous occuperons de l'analyse de la bière, nous verrons que l'on peut y distinguer au moins 4 sortes différentes de substances albumineuses.

Matière grasse. — Par les différentes opérations du brassage, la matière grasse contenue dans les grains doit passer dans la liqueur. La nature aqueuse d'une liqueur n'exclut en aucune manière la présence des matières grasses dans cette liqueur. En effet, la dextrine et les autres parties constituantes peuvent

(1) Berzelius, *Lehrbuch*, 1839, t. VIII, p. 111.

les maintenir en suspension dans la liqueur, de manière à pouvoir les répartir également dans toutes les parties de cette liqueur. Cependant, plus la bière est claire, moins elle tient de matière grasse en suspension. La bière peut du reste contenir une certaine quantité de matière grasse saponifiée sous forme de combinaison avec les bases, pourvu que ces savons soient solubles dans l'eau.

On obtient la quantité de matière grasse contenue dans la bière en traitant par l'éther l'extrait obtenu par l'évaporation de la bière jusqu'à siccité, après avoir préalablement décomposé par un acide les savons qui peuvent s'y trouver et en avoir séparé ainsi les acides gras.

Cet éther tient de plus en dissolution la résine de houblon.

En ce qui concerne la quantité de matière grasse contenue dans la bière, Vogel junior a fait l'observation (1) que, relativement à ce que, sur 100 parties d'extrait, il n'a trouvé que 0,16 grammes de substances solubles dans l'éther qui présentaient la saveur du malt, cette matière grasse de la bière ne pouvait pas contribuer à l'engraissement. L'observation est juste : l'expérience a suffisamment démontré que, parmi les principes nutritifs qui peuvent déterminer une production de graisse, la bière qui contient une si faible proportion de substance grasse, est aussi bien en état de produire de la graisse que si elle était riche en substance grasse.

Il est remarquable que la quantité de la graisse de l'abdomen, de cette graisse qui est contenue entre les membranes, qui recouvre les intestins par devant, augmente considérablement par l'usage de la bière. Un gros ventre et des jambes grêles sont devenus si caractéristiques pour les buveurs de bière qu'ils sont passés à l'état proverbial. Je ne connais aucune expérience qui permette d'attribuer avec quelque raison cette propriété à l'usage simultané de l'alcool et de l'acide carbonique ou de l'alcool et de la dextrine, bien que ce soit dans ces trois substances que l'on doive chercher très-probablement la faculté de faire grossir le ventre et de faire devenir les jambes grêles.

Acide dérivé du sucre par la fermentation. — Dans les expériences indiquées p. 240, Graham, Hoffmann et Redwood ont

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. XLVI, p. 230.

indiqué la présence d'une substance qui reste comme résidu après la fermentation du sucre, aussi bien après la fermentation du sucre de cannes qu'après la fermentation du sucre de raisins ou du sucre de fruits et que l'on retrouve aussi dans la bière. La quantité de cette substance s'élève à 3,7 pour 100, lorsque la fermentation est terminée. Elle n'est plus susceptible de fermenter et rappelle par ses caractères, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer dans l'endroit indiqué, l'acide glucique ou le caramel (²). Sa saveur est à la fois amère et acide, ce qui vient de ce qu'elle contient de l'acide lactique. Il ne s'y trouve pas de dextrine, ni de sucre, et cependant elle détermine la réduction de la liqueur cuivrique d'épreuve.

Tel est l'état de nos connaissances sur cette substance. Ce n'est pas de l'extrait de levûre; en effet de 1,5 à 3 et 6 volumes p. 100 de levûre de bière, on retire 4,4, 3,7 et 3,7 pour 100 du sucre employé. Si, par suite, il y avait une quantité suffisante de levûre, une plus grande quantité de levûre ne pouvait pas être en état d'en produire davantage : cette substance est donc un produit de la décomposition du sucre par la fermentation et ne provient pas de la levûre.

Cette substance paraît être de l'acide glucique (1) : on la sépare de la bière en la faisant digérer avec de la chaux, ainsi que nous le ferons voir un peu plus loin. La liqueur, filtrée et séparée de l'excès de chaux, est évaporée, et le résidu est épuisé par l'alcool dans lequel le glucate neutre de chaux est insoluble. Mais il n'est pas encore pur. On le dissout dans l'eau et on le précipite par l'acétate de plomb basique.

Le précipité plombique, après avoir été lavé, est mis en suspension dans de l'eau dans laquelle on fait passer un courant de gaz hydrogène sulfuré. On évapore la liqueur filtrée et on épuise le résidu par l'alcool. L'extrait ainsi obtenu ne contient ni sucre, ni dextrine, ni acide acétique, ni acide lactique.

Par l'évaporation, il reste un acide qui paraît être de l'acide glucique.

C'est cependant avec intention que j'ai désigné cette substance sous la dénomination d'acide dérivé du sucre par la fermentation et non sous la dénomination d'acide glucique, parce que l'analyse élémentaire est seule en état de confirmer l'identité

(1) *De Wijn*, p. 208.

de cet acide qui est contenu dans la bière et de l'acide glucique. Les caractères de ce dernier, tels qu'ils résultent de ces réactions, ne me paraissent pas donner une preuve péremptoire de cette identité.

Dans tous les cas, il ne s'en trouve qu'une petite quantité dans la bière.

Cet acide contribue en partie avec l'acide lactique et l'acide acétique à communiquer à la bière une saveur acidule.

Autres acides organiques. — Il y a deux acides qui ne manquent dans aucune bière et qui, par la nature même du mode de préparation de la bière, ne peuvent pas manquer : ces deux acides sont l'acide lactique et l'acide acétique. Ce dernier est volatil, le premier ne l'est pas.

Acide acétique. — La production d'une trace d'acide acétique est inévitable, dès qu'un liquide alcoolique étendu qui est mélangé avec des substances organiques, se trouve en contact avec l'air. Il se produit alors de l'acide acétique pendant et après la fermentation. On peut le séparer par distillation, pourvu que l'on continue la distillation assez longtemps ; en effet l'extrait de bière retient fortement l'acide acétique. La quantité d'acide acétique contenue dans la bonne bière est très-faible : elle a été indiquée p. 326 et p. 331.

Acide lactique. — Nous avons déjà traité d'une manière suffisamment détaillée de l'acide lactique qui est contenu dans la bière. On le retrouve dans toutes les bières. Marchand a indiqué sa présence dans les bières belges. En faisant bouillir la bière avec du carbonate de zinc, on obtient du lactate de zinc.

Après que l'acide acétique a passé à la distillation, il reste de l'acide lactique mélangé avec l'acide dérivé du sucre par la fermentation. Au moyen d'une dissolution titrée de saccharate de chaux ou d'une autre dissolution titrée quelconque qui permette de doser les acides, on peut donc, dans la bière que l'on a préalablement séparée de l'acide acétique par la distillation, déterminer tant l'acide lactique que les autres acides non volatils.

Acide succinique. — Nous avons déjà indiqué p. 279 que M. Pasteur a reconnu, parmi les acides qui se produisent par la fermentation, la présence de l'acide succinique, et que cet acide se trouvait mélangé de glycérine.

Acide tannique et acide gallique. — Beaucoup de chimistes comme Balling (voir p. 261), Knapp (voir p. 262), nient qu'il existe de l'acide tannique dans la bière, et Payen(1) dit qu'il n'existe pas dans la bière d'acide tannique qui puisse, dans la clarification, déterminer la coagulation de la colle de poisson. Mais aucun de ces chimistes n'a remarqué ce fait que le tannate de colle de poisson est soluble dans l'acide lactique (voir p. 262 et 308). Peu de temps après sa préparation, on trouve de l'acide tannique dans la bière; mais sa quantité diminue avec le temps.

Les sels de sesqui-oxyde de fer déterminent dans toutes les bières la production d'un précipité qui indique la présence, ou bien de l'acide tannique, ou bien de l'acide gallique, ou même de tous les deux.

On peut facilement s'en convaincre. On sature exactement de la bière de garde par l'ammoniaque, afin de faire passer l'acide lactique et l'acide acétique à l'état salin, puis on place un morceau de peau dans une portion de la bière ainsi saturée par l'ammoniaque et on maintient le tout en contact pendant quelque temps.

Si on essaie alors au moyen du sesqui-oxyde de fer cette portion que l'on a fait digérer avec de la peau, comparativement avec celle que l'on n'a pas fait digérer avec de la peau, on reconnaît l'absence de l'acide tannique et la présence de l'acide gallique. Dans la liqueur que l'on a fait digérer avec de la peau, le sel de sesqui-oxyde de fer produit une coloration aussi prononcée que dans la portion de la liqueur qui n'a pas subi le même traitement.

Toutes les bières de garde se comportent de la même manière : dans les bières jeunes, on peut trouver des traces d'acide tannique : dans le moût après la fermentation, on en trouve une plus grande quantité ; dans le moût après la cuisson, on en trouve une quantité encore plus grande. L'air qui est en dissolution dans la bière, suffit pour transformer en acide gallique la petite quantité d'acide tannique qui s'y trouve.

Sels ammoniacaux. — La bière n'en contient qu'une très-petite quantité. Le malt contient de l'acide phosphorique et de la magnésie : si donc, dans la fermentation, il s'est produit

(1) *Chimie industrielle*, 4e édition, 1859, t. II, p. 298.

de l'ammoniaque par la décomposition de la levûre, elle doit déterminer une production de phosphate ammoniaco-magnésien. Tel est le motif pour lequel on ne trouve que des traces d'ammoniaque dans la bière lorsqu'elle est claire, à moins que, en décomposant par un alcali les substances albumineuses de la bière, on n'ait déterminé ainsi un dégagement d'ammoniaque. Parmi les substances albumineuses, il y en a qui ne peuvent pas supporter l'action de l'alcali même le plus faible sans être décomposées et donner naissance à un dégagement d'ammoniaque.

Lorsqu'on tient compte de l'acide phosphorique et de la magnésie que l'on rencontre dans toutes les bières, on pourrait penser que l'on ne peut y rencontrer aucune trace d'ammoniaque : mais on doit observer qu'une certaine quantité de phosphate ammoniaco-magnésien insoluble, à un état de très-grande division, peut être retenue par la dextrine de la bière. Quoi qu'il en soit, la quantité d'ammoniaque contenue dans la bière est excessivement faible, ainsi que nous l'avons déjà fait observer.

Un alcali volatil. — Winckler (1) a trouvé dans la bière, de même que dans le vin, un alcali volatil, en distillant la bière avec de la chaux. Dans le vin, j'ai reconnu que cet alcali était de l'ammoniaque. Dans la bière où l'on peut rencontrer une quantité considérable de substances albumineuses, on peut, à côté de l'ammoniaque, rencontrer d'autres bases. La méthylamine $C^2H^3 + AzH^2$ et la propylamine $C^6H^7 + AzH^2$ sont des produits de l'action des alcalis sur les substances albumineuses. Elles peuvent donc se produire ici. Ce sont toutefois des produits de décomposition qui, par suite, n'ont rien de commun avec la bière.

Huiles de pommes de terre ou de blé (*foesel-olien*). — On admet généralement que, dans la fermentation de la bière, il ne se produit pas d'huiles de pommes de terre. Glassford a fait sur ce sujet des observations bien nettes qui l'ont conduit à ce résultat que l'esprit de malt, préparé avec de l'orge non maltée, contient une très-petite quantité d'huiles de pommes de terre, tandis qu'un esprit de malt ne contient aucune trace d'huiles de pommes de terre lorsqu'il a été préparé avec de l'orge

(1) *Jahrb. für Pharm.*, 1852, août.

maltée à laquelle on a ajouté une petite quantité de houblon. Si l'observation est juste, il ne peut y avoir dans la bière aucune trace d'huiles de pommes de terre.

En admettant que ce fait soit exact, on ne peut en donner une explication. L'éther œnanthique n'est décomposé, ni par la distillation avec l'acide tannique, ni par la distillation avec l'eau et le houblon. S'il n'y a pas d'huiles de pommes de terre, cela doit tenir à ce qu'il y a eu des obstacles à leur production.

Toutefois ce point est excessivement difficile à élucider. Il n'est pas probable que l'on puisse obtenir une notion bien nette à cet égard : en effet on n'opère pas la distillation de très-grandes quantités de bière, et il n'est pas possible d'obtenir sans cela une quantité suffisante de produits volatils.

Je ne sais pas sur quelles raisons on s'appuie pour admettre d'une manière si positive l'absence des huiles de pommes de terre dans la bière. Il s'en produit dans toute espèce de fermentation : dans celle des grains (esprit de malt), il s'en produit une quantité considérable. Pourquoi donc, en présence d'une grande quantité d'eau, ne s'en produirait-il aucune trace ?

Acide sulfureux, huiles pyrogénées, huile essentielle de houblon. — Lorsqu'on veut conserver pendant longtemps des bières en tonneaux et lorsqu'on emploie pour cela de grands tonneaux, on a, dans quelques localités, l'habitude de soufrer les tonneaux et d'imprégner ainsi la bière d'acide sulfureux. La manière dont cet acide sulfureux se comporte à l'égard de la bière, ne présente rien de particulier. Tout ce qui, à cet égard, est applicable au vin (1), s'applique également à la bière.

En outre, on enduit d'abord intérieurement ces tonneaux d'une couche de poix pour les empêcher d'être pénétrés par la bière; mais la poix contient des huiles pyrogénées qui exercent une action contraire à la fermentation et qui peuvent par conséquent servir à rendre la bière susceptible de se conserver. Tout ce qui, sous ce rapport, a été dit relativement au vin (2), que les anciens additionnaient d'une quantité abondante de poix ou de goudron, s'applique aussi à la bière.

(1) *De Wijn scheikundig beschouwd*, p. 79.
(2) *De Wijn, loc. cit.*

Comme on enduit ainsi de poix toute la surface intérieure du tonneau, l'air ne peut pas avoir accès, et l'évaporation de l'eau contenue dans la bière se trouve empêchée.

En outre, on rencontre dans la bière des huiles pyrogénées qui proviennent du malt fortement touraillé et de l'huile essentielle de houblon qui est retenue par la résine de houblon (p. 70); mais leur existence est difficile à constater.

Les *parties constituantes du houblon* que l'on peut déterminer et dont on peut démontrer la présence dans la bière, sont seulement la résine de houblon et la substance amère du houblon. Après avoir évaporé la bière jusqu'à siccité, on épuise le résidu par l'alcool concentré dans lequel ces deux principes sont solubles. On enlève au moyen de l'éther la matière grasse et la résine de houblon : pour la substance amère, on la dissout dans l'eau.

Il n'existe pas de bière houblonnée dans laquelle la présence des deux principes ne puisse pas être démontrée.

Matières colorantes du malt touraillé. — Plus le malt a été fortement touraillé, plus la bière est foncée. Les matières colorantes du malt touraillé sont de deux sortes : une portion de ces matières colorantes est précipitée en traitant la bière par l'acétate neutre de plomb, tandis qu'une autre portion reste dans la liqueur. La portion qui s'est combinée avec le plomb, paraît être de l'acide apoglucique, du moins elle se comporte comme telle : la portion de ces matières colorantes qui reste dissoute dans la liqueur plombique, ne présente en aucune manière les caractères d'un acide. Elle n'est pas précipitée par le chlorure d'étain : elle peut du reste être séparée. Si l'on ajoute de l'hydrogène sulfuré à la liqueur filtrée et séparée ainsi du précipité produit par le chlorure d'étain et si l'on détermine ainsi une précipitation de sulfure d'étain, toute la matière colorante reste avec le sulfure d'étain par suite d'une attraction de surface : la liqueur que l'on sépare du sulfure d'étain, est incolore, et la matière colorante peut ensuite être séparée du sulfure d'étain.

Les *parties constituantes inorganiques de la bière*, à l'exception toutefois de la petite quantité que le houblon et l'eau ont apportée et que nous négligerons ici, proviennent du malt ou du grain que l'on a employé concurremment avec le malt. Le malt, lorsqu'il est épuisé, est cependant bien loin d'avoir

perdu tous les sels inorganiques qu'il contenait (p. 228) : et en effet la totalité des sels inorganiques du malt n'a pas passé dans le moût. S'il en était ainsi, la bière serait une dissolution concentrée de ces combinaisons salines. La dissolution est du reste suffisamment concentrée, ce que l'on doit attribuer d'abord à ce qu'un très-grand nombre des principes organiques insolubles de l'orge sont devenus solubles : en effet la plus grande partie de l'amidon s'est transformée en dextrine et en sucre solubles.

Mais, de plus, des acides prennent naissance dans la préparation de toute espèce de bière : il se produit toujours une certaine quantité d'acide lactique qui peut même quelquefois être considérable, et au moins une certaine quantité d'acide acétique. La solubilité des sels contenus dans le malt devient ainsi plus grande, et le phosphate de chaux, ainsi que le phosphate de magnésie, se dissolvent.

Si nous jetons un coup d'œil sur les parties constituantes des cendres d'orge indiquées.p. 33, nous voyons qu'il s'y trouve une certaine quantité de phosphate de magnésie avec une petite quantité de phosphate de chaux, mais que, outre le chlorure de sodium, il se trouvait, dans l'orge, du sulfate de potasse et d'autres sels, surtout du phosphate de potasse et du phosphate de soude qui sont tous deux des sels solubles dans l'eau. L'acide phosphorique domine du reste à tel point qu'il détermine le caractère de toute la cendre d'orge.

La bière doit donc contenir une quantité considérable de sels inorganiques : je leur ai attribué, p. 2, une partie de la puissance nutritive de la bière ; et, comme nous avons maintenant démontré d'une manière plus positive l'existence de ces combinaisons salines dans la bière, nous pouvons faire ressortir l'utilité de l'usage de la bière pour les personnes sur lesquelles ces combinaisons salines peuvent exercer un effet salutaire, comme les convalescents, les enfants scrofuleux ou les personnes rachitiques, les femmes qui allaitent, etc., etc.

Dans la fermentation du moût qui a subi l'ébullition, il se sépare de la levûre, et, par suite, il se sépare de ce liquide une quantité considérable de phosphates : en effet la levûre est riche en phosphates (p. 300).

Cependant il en reste encore dans la bière. Une expérience très-simple peut du reste nous montrer que, dans toutes les

bières et surtout dans les bières très-fortes, il existe une quantité notable de phosphate de chaux et de phosphate de magnésie. Si, en effet, on ajoute de l'ammoniaque à la bière, il se précipite du phosphate de chaux et du phosphate ammoniaco-magnésien.

La cendre d'une bière préparée avec du malt d'orge présente une composition très-simple. Elle est formée de phosphate de potasse, de phosphate de soude, de phosphate de magnésie et d'une petite quantité de chlorure de sodium et de sulfate de potasse. La cendre de bière, préparée avec d'autres grains que l'orge, présente avec la cendre de ces grains la même concordance que la cendre de bière d'orge présente avec la cendre d'orge.

En général, la composition de la cendre d'une bière est un signe caractéristique de la qualité de cette bière. Les pommes de terre, le sirop de fécule de pommes de terre, les autres sirops et les autres substances que l'on emploie à la préparation de la bière, donnent une bière qui fournit, par la combustion, des cendres d'une autre composition et dont la quantité de cendres est moindre : ces cendres contiennent donc moins de phosphates.

W. Martius (1) a analysé les cendres d'une bière d'Erlangen.

	Cendres de bière.	Cendres d'orge.	Cendres d'orge Moesman (2).
Potasse.....	37,22	17,0	17,5
Soude.....	8,04	5,9	6,3
Chaux.....	1,93	2,7	3,1
Magnésie.....	5,51	7,2	6,8
Sesqui-oxyde de fer..	traces.	0,5	0,5
Acide sulfurique.....	1,44	1,4	1,5
Acide phosphorique..	32,09	30,3	—
Chlore.....	2,91	1,3	1,3
Acide silicique.....	10,82	33,1	33,7

Cendres pour 1000 parties de bière : 2,88 ; extrait : 36,93.

Il indique en outre la quantité de cendres d'une bière de Bavière, comparativement avec la quantité de l'extrait et avec celle de la bière même.

(1) Buchner's *Neues Repertorium für Pharmacie*, t. III, p. 529.
(2) Voir p. 19 de ce livre.

	Pesanteur spécifique de la bière.	Extr. contenu dans 100 p. de bière.	Cendre cont. dans 100 p. de bière.	Cendre contenue dans 100 part. d'extrait.
1.....	1,013	3,55	0,28	7,93
2.....	1,010	2,97	0,30	10,01
3.....	1,015	4,38	0,30	6,92
4.....	1,010	3,83	0,29	7,45
5.....	1,015	3,60	0,32	8,80
6.....	1,010	3,83	0,27	7,10

Les bières sur lesquelles ces analyses ont été opérées, étaient des bières d'Erlangen d'une même période de brassage.

Mitscherlich a trouvé dans la cendre d'une bière qui avait été préparée au moyen de la fermentation par dépôt : 40,8 de potasse ; 0,5 de soude ; 20 de phosphate de magnésie ; 20 d'acide phosphorique, 2,6 de phosphate de chaux ; 16,6 d'acide silicique (p. 300).

Les analyses que nous avons indiquées, nous apprennent en général que la cendre de bière se rapproche de la composition de la cendre d'orge.

Dickson (1) a analysé la cendre de neuf sortes de porter et d'ale. Pour 100 parties d'extrait, il a obtenu avec le porter de 5,7 à 14,6 pour 100 de cendres et avec l'ale de 3,4 à 12,0 pour 100 de cendres qui présentaient la composition suivante :

	PORTER.		ALE.	
	Minimum.	Maximum.	Minimum.	Maximum.
Potasse.....	11,5	32,0	3,2	31,9
Soude.....	21,8	50,8	20,9	58,5
Chaux.....	0,4	6,9	0,6	6,7
Magnésie.....	0,1	1,4	0,1	4,6
Acide phosphorique.	7,9	20,6	6,0	25,7
Acide sulfurique...	1,6	12,2	0,1	19,2
Acide silicique.....	0,2	14,5	3,0	18,3
Chlore.....	6,9	19,7	4,6	25,7

Berzelius (2) désigne comme parties constituantes de la cendre de la bière : le phosphate de potasse mélangé avec une

(1) *Pharm. Centr. Bl.*, 1849, p. 183.
(2) *Lehrbuch*, 1839, t. VIII, p. 111.

très-petite quantité de sulfate de potasse, de carbonate de potasse et de chlorure de potassium : du phosphate de chaux, du phosphate de magnésie et un peu de silice.

Si l'on y ajoute du phosphate de soude, la composition est exacte. On ne doit cependant pas s'attendre à ce que l'analyse des cendres de la bière donne toute espèce de résultat heureux relativement à la composition de la bière. En effet les parties constituantes, contenues dans l'eau, s'y trouvent mélangées. Les eaux calcaires doivent déterminer la séparation d'une quantité de phosphate de chaux d'autant plus grande qu'il se trouve dans la bière une quantité moindre d'acide lactique et d'acide acétique qui pourraient dissoudre le phosphate de chaux. Par ces motifs, les analyses des cendres de la bière ne peuvent servir en aucune manière, comme le pense Keller (1), à déterminer au moyen de la quantité d'acide phosphorique qui y existe, la quantité d'orge que l'on a employée à sa préparation.

Le malt contient en moyenne 0,7 pour 100 d'acide phosphorique, ce qui, pour un *Scheffel* de Bavière, c'est-à-dire 115 kilogr., donne 805 gr. d'acide phosphorique.

100 parties de malt laissent par le brassage 33 à 36 parties de résidu qui contiennent 1 pour 100 d'acide phosphorique. De l'acide phosphorique contenu dans 115 kilogr. de malt, il en passe donc 350 gr. dans la bière. Avec 115 kilogr. de malt, on brasse en Bavière 7 *Eimers* ou 478 litres de bière d'hiver et 6 *Eimers* ou 411 litres de bières d'été : 1 litre de bière d'hiver contient donc 0,73 gr. d'acide phosphorique et 1 litre de bière d'été, 0,85 gr. du même acide.

Partant de là, Keller veut que la quantité d'acide phosphorique contenue dans la bière devienne un signe caractéristique de la quantité de malt qui a été employée à la préparation de la bière. Mais cela est impossible : une eau calcaire enlève de l'acide phosphorique à la bière. La présence d'une grande quantité d'acide lactique dans la bière pourrait faire entrer dans la bière une nouvelle quantité d'acide phosphorique. Mais nous ne pouvons pas nous rendre compte de ces deux circonstances : et quelque exacte que soit en général la conclusion de Keller, les raisons que nous avons indiquées s'opposent

(1) *Wagner's Jahresbericht*, 1856, p. 229.

à ce qu'elle puisse être utilisée pour une application de cette nature.

Keller pense avec beaucoup de raison que la quantité d'acide phosphorique contenue dans la bière est une des conditions déterminantes de son pouvoir nutritif. 2 litres de bonne bière d'été de Bavière contiennent 1,6 gr. d'acide phosphorique, ce qui représente une quantité d'acide phosphorique égale à celle contenue dans 530 grammes de viande fraîche de bœuf et dans 220 grammes de pain (contenant 45 pour 100 d'eau).

CHAPITRE XIV.

ANALYSE DE LA BIÈRE.

En faisant l'analyse de la bière, on a pour but de déterminer les quantités respectives de l'acide carbonique, de l'extrait, du sucre et de la dextrine, des substances albumineuses, des sels inorganiques et des matières étrangères qui s'y trouvent mélangées.

Outre cette espèce d'analyse, il existe encore un autre genre d'épreuves que l'on réalise au moyen de la langue et du palais. Il est indispensable de tenir compte des indications qu'ils donnent, par ce motif que chacun les possède et leur attribue volontiers une influence décisive, s'il n'a aucune raison pour agir autrement.

En réalité, si, par le brassage, on obtient une bière qui n'est pas nuisible, mais qui est saine et qui satisfait le goût des consommateurs, la science doit garder le silence. Elle ne doit pas insister; mais elle doit se tenir à l'écart.

Il en est cependant autrement lorsqu'il est question de l'effet utile, ou bien de la présence ou de l'absence de substances nuisibles. Dans ce cas, la langue et le palais ne donnent presque toujours aucune indication, et la chimie est en première et en dernière instance le seul juge qui puisse émettre un jugement convenable.

Dans ce qui va suivre, je donnerai en peu de mots les règles

qui peuvent conduire à la connaissance de la nature et de la quantité de chacune des parties constituantes qui se trouvent dans la bière. Il ne manque pas de chimistes qui aient antérieurement examiné ce sujet. Parmi ces chimistes, je ne citerai que Zenneck qui, dans son *Anleitung zur Untersuchung des Bieres*, avait déjà donné, dès 1834, un grand nombre d'indications utiles dont, au point de vue technique, il est encore actuellement convenable de tenir compte dans la pratique. Je ne puis naturellement avoir en vue qu'une analyse scientifique, et je renverrai à l'ouvrage de Zenneck le lecteur pour beaucoup de particularités dont je ne ferai pas mention et qu'il a traitées.

Acide carbonique. — Afin que, en ouvrant les flacons ou les cruches, aussi bien qu'en transvasant la bière, il ne se dégage pas d'acide carbonique, on doit, pour les bières fortement mousseuses, opérer cette détermination dans les cruches ou dans les flacons mêmes, et, aussitôt que le flacon est ouvert, on doit le fermer rapidement avec un bouchon, muni d'un tube à recueillir les gaz qui plonge dans de l'eau de baryte dont il doit y avoir une quantité suffisante et qui doit être maintenue à l'abri du contact de l'air. On porte le flacon ou la cruche dans un vase de fer rempli d'eau salée, et on chauffe jusqu'à ce que tout l'acide carbonique soit chassé. On pèse le carbonate de baryte obtenu et on déduit de son poids par le calcul la quantité d'acide carbonique. On détermine dans le flacon ou dans le cruchon la quantité de bière qui s'y trouvait avant l'expérience. Dans les bières qui ne sont pas mousseuses, cette précaution est inutile : on peut alors chauffer cette bière dans une cornue.

La détermination de l'acide carbonique contenu dans la bière n'a que peu d'importance au point de vue pratique. En général, ce que les simples phénomènes physiques nous apprennent, est suffisant dans la plupart des cas.

Alcool. — Le seul moyen de déterminer la quantité de l'alcool contenu dans la bière consiste à soumettre à la distillation un poids déterminé de cette bière à laquelle on a préalablement ajouté de la chaux dans le but d'empêcher l'acide acétique de se volatiliser : on laisse bien refroidir le liquide qui a passé à la distillation ; on le recueille avec soin à l'abri du contact de l'air et on en détermine la quantité et la pesanteur spécifique, en ayant soin de noter la température.

Les déterminations des quantités d'alcool contenues dans des liqueurs qui, outre l'alcool, ne contiennent que de l'eau, et par suite aussi dans la quantité de bière soumise à l'expérience, peuvent être déduites de la quantité d'alcool contenue dans le liquide qui a passé à la distillation. Ce sujet est trop connu pour que nous ayons besoin de nous y arrêter plus longtemps. Tous les instruments que l'on a recommandés dans ce but, n'ont de valeur qu'en ce qu'ils n'occupent pas beaucoup de place. Dans la plupart des cas, ils affectent une certaine coquetterie véritablement risible.

Extrait.—On détermine la quantité de la liqueur qui reste après que l'on en a séparé l'alcool et une partie de l'eau : admettons que la quantité de la liqueur qui reste s'élève à la moitié de celle de la bière. Au moyen d'un aréomètre, ou même au moyen d'un procédé plus sensible, on détermine sa pesanteur spécifique. Les résultats donnés par Balling, que nous avons indiqués p. 239, comportent une exactitude suffisante. Si l'on est parti de 1 litre de bière, par exemple, et si l'on trouve pour la liqueur évaporée jusqu'à moitié une pesanteur spécifique de 1,024, cela indique que le demi-litre contient 6 pour 100 d'extrait, et que, par suite, le litre en contient 3. — On peut aussi, après avoir évaporé l'alcool et une partie de l'eau, ajouter de nouveau de l'eau, de manière à obtenir exactement une liqueur dont la quantité soit égale à celle de la bière employée et déterminer alors la pesanteur spécifique (1).

Je ne répéterai pas ici ce que j'ai dit dans un autre ouvrage (2) relativement aux autres méthodes au moyen desquelles on peut déterminer les quantités respectives d'alcool et d'extrait. Tout ce que j'ai dit en cet endroit relativement aux ébullioscopes, s'applique également à la bière.

On peut du reste consulter à cet égard la note de la page 242.

Acide acétique et *acide lactique*. — Si l'on veut connaître la quantité de ces deux acides, qui du reste ne manquent dans aucune bière, on opère cette détermination au moyen de dissolutions titrées de saccharate de chaux, d'eau de baryte ou d'autres liqueurs alcalines. On prend deux quantités égales

(1) *De Wijn scheikundig onderzocht*, p. 239.
(2) *Loc. cit.*, p. 114.

de bière ; on évapore l'une jusqu'à siccité ; puis on dissout le résidu dans l'eau. En déterminant la quantité d'acide contenue dans la partie non évaporée, on obtient la quantité de l'acide acétique et de l'acide lactique réunis : l'autre quantité donne l'acide lactique.

Ce que nous désignons ici comme acide lactique, comprend en outre l'acide dérivé du sucre par la fermentation (p. 340 et 342).

On doit observer ici une précaution que Hekmeijer n'a pas négligée dans ses analyses. Lorsqu'on détermine dans la bière, au moyen du saccharate de chaux, la quantité de l'acide acétique et des acides fixes contenus dans la bière, on obtient aussi en même temps l'acide carbonique, et on en tient compte comme s'il était de l'acide acétique. Pour obvier à cette erreur, Hekmeijer a fait chauffer la bière dans une cornue munie d'un tube réfrigérant convenablement disposé pour que, en soumettant la bière à l'ébullition, tout l'acide carbonique puisse s'en dégager tandis que l'acide acétique et l'eau coulent de nouveau dans la cornue. Après avoir fait subir ce traitement à la bière, on peut y déterminer, au moyen du saccharate de chaux, l'acide acétique et les acides fixes.

On peut aussi se servir de la méthode suivante pour la détermination des acides : On agite la bière avec de la chaux que l'on a préalablement lavée avec soin et on la filtre; on décolore la liqueur au moyen de charbon animal que l'on a lavé à l'acide; on évapore et on filtre de nouveau pour séparer le carbonate de chaux qui s'est déposé. Si la liqueur présente une réaction neutre, il n'est pas nécessaire d'y faire passer de l'acide carbonique : dans une évaporation lente, l'acide carbonique de l'air remplit cette fonction.

De cette manière, non-seulement les substances organiques, comme les substances albumineuses, par exemple, mais aussi l'acide phosphorique et l'acide sulfurique, sont séparés.

Dans la liqueur évaporée, on a de l'acétate de chaux, du lactate de chaux, ainsi que le sel de chaux de l'acide dérivé du sucre par la fermentation. On en opère la séparation de la manière suivante : L'acétate basique de plomb précipite de cette dissolution le glucate de plomb, tandis que le lactate et l'acétate de plomb restent dissous. Dans la liqueur filtrée, on peut précipiter le lactate de plomb par l'ammoniaque.

Sucre. — On détermine la quantité du sucre contenu dans la bière en évaporant la bière jusqu'à consistance d'extrait liquide, en traitant cet extrait par l'alcool, en filtrant, en évaporant la liqueur filtrée et en recherchant la quantité de sucre au moyen de la liqueur cuivrique d'épreuve. Je ne prétends pas ici qu'il n'existe pas en même temps dans la bière d'autres substances solubles dans l'alcool et qui puissent agir également sur la liqueur cuivrique d'épreuve et augmenter par suite la quantité du sucre; malgré cela, cette méthode est encore la moins inexacte.

Engelmann (voir précédemment, p. 329) a trouvé 14,9 pour 100 d'extrait dans le moût et 6,5 pour 100 d'extrait dans la bière : la différence s'élève à 8,4 pour 100. D'après le calcul, ces 8,4 pour 100 de sucre devraient donner 4,3 d'alcool : il a trouvé 4,2.

Dans l'exemple indiqué, dans lequel 8, 4 pour 100 de sucre étaient passés à l'état d'alcool, Engelmann a trouvé dans la bière 1,1 p. 100 de sucre. Dans quatre autres sortes de bière, il a trouvé :

Sucre dans la bière.	Sucre transformé en alcool.
1,0	6,2
0,7	7,1
1,0	6,3
1,9	5,7

Dans les cinq exemples d'Engelmann, il disparaît donc des 2/3 au 9/10 du sucre du moût qui se transforment en alcool. La dernière sorte était de la petite bière.

Dextrine. — On étend d'eau l'extrait de bière traité par l'alcool : on fait bouillir le tout avec un peu d'acide sulfurique étendu pour transformer la dextrine en sucre, et on sépare les autres parties constituantes au moyen de l'alcool. On évapore la solution alcoolique ; on traite le résidu par l'eau et on détermine au moyen de la liqueur cuivrique d'épreuve la quantité du sucre qui s'est produit. Ici également, d'autres substances peuvent être transformées en sucre et agir aussi sur la liqueur cuivrique d'épreuve. Toutefois cette méthode est la moins inexacte. 225 parties de la quantité de sucre trouvée en dernier lieu, représentent 202,5 parties de dextrine : nous admettons ici pour la formule du sucre $C^{12}H^{12}O^{12}$, et pour celle de la dextrine $C^{12}H^{10}O^{10}$.

Wackenroder (1), dans des analyses de quelques sortes de bières, a établi des distinctions plus nombreuses que l'on n'en établit généralement dans les analyses des bières.

Il désigne sous la dénomination de *sucre* ce qui, dans l'extrait de bière, est dissous par l'alcool ordinaire, et il trouve, dans les bières de Munich, de 0,2 à 0,4 p. 100 de ce sucre.

Wackenroder nomme *dextrine* la partie insoluble dans l'alcool, et il trouve une quantité de 5 à 8 p. 100 de cette dextrine.

Ces quantités me paraissent trop élevées.

Substances albumineuses. — Pour la détermination de ces substances albumineuses, il reste à peine un autre mode d'opérer que d'évaporer une quantité connue de bière et de déterminer, dans l'extrait, la quantité d'azote par la méthode de Will et Varrentrapp.

Parties constituantes inorganiques. — Pour déterminer les parties constituantes inorganiques, on évapore jusqu'à siccité une quantité déterminée de bière ; on incinère le résidu et on analyse la cendre par les méthodes connues.

On peut, au moyen d'une méthode analogue à celle que j'ai indiquée pour le vin dans un autre ouvrage (2), isoler la plupart des substances qui sont dissoutes dans la bière, en la traitant successivement par l'acétate neutre de plomb, par le sous-acétate de plomb, par le sous-acétate de plomb et l'ammoniaque, en lavant les trois précipités ainsi obtenus, en les mettant chacun séparément en suspension dans l'eau et en faisant passer de l'hydrogène sulfuré dans les trois liqueurs ainsi que dans la liqueur filtrée et séparée ainsi du précipité obtenu au moyen du sous-acétate de plomb et de l'ammoniaque.

Ces liqueurs sont toutes les quatre colorées si la bière dont on est parti, est colorée : mais la liqueur provenant de la combinaison sulfurée obtenue au moyen de l'acétate neutre de plomb est celle qui présente la couleur la plus foncée.

En traitant de la manière indiquée une bière de couleur jaune clair préparée au moyen de la fermentation superfi-

(1) *De cerevisiæ vera mixtione et indole chemica*, Jenæ, 1850.
(2) *De Wijn*, p. 283.

cielle, on a obtenu pour les quatre liqueurs les réactions suivantes (1).

La liqueur, provenant du précipité, produit par l'acétate de plomb, présente une réaction acide : elle est colorée en brun foncé : elle donne un abondant précipité avec l'eau de chaux, avec le chlorure de magnésium et l'ammoniaque.

Une dissolution de gélatine produit, dans la liqueur neutralisée par l'ammoniaque, un léger précipité de tannate de gélatine.

Le sesquichlorure de fer détermine une coloration noire de gallate et de tannate de fer.

Dans la dissolution neutralisée par l'ammoniaque, l'acide tannique produit des précipités qui sont des combinaisons d'acide tannique et de substances albumineuses. La dissolution de sublimé corrosif (bichlorure de mercure) détermine également la production d'un précipité.

L'acide nitrique étendu ne produit pas de précipité.

Le prussiate jaune de potasse produit un précipité de substances albumineuses.

L'acide nitrique concentré, puis l'ammoniaque, ajoutés à la liqueur, déterminent une coloration rouge orangé des substances albumineuses. — L'alcool effectue également la précipitation de ces dernières.

Le chlorure de baryum et le nitrate d'argent indiquent, dans la liqueur préalablement additionnée d'acide nitrique, la présence d'une quantité considérable d'acide sulfurique et d'une très-petite quantité de chlore : on devait du reste s'attendre à ce résultat, parce que le chlorure de plomb est suffisamment soluble.

Dans le précipité d'acétate neutre de plomb, il existe donc de l'acide phosphorique, de l'acide sulfurique, une petite quantité de chlore, une petite quantité d'acide tannique, de l'acide gallique et des substances albumineuses.

Un fait qui mérite encore notre attention, c'est que cette dissolution réduit fortement la liqueur cuivrique d'épreuve : cette réaction doit être attribuée, entre autres causes, à l'acide tannique et à l'acide gallique. Mais la réduction est beaucoup plus forte qu'elle ne pourrait l'être si elle ne provenait que de

(1) On n'a pas recherché l'acide succinique dont la présence dans la bière était encore inconnue.

cette cause. Il n'existe pas de sucre, ni de dextrine, dans la dissolution, la réduction ne peut donc pas provenir de cette cause ; mais elle peut provenir de la présence d'une certaine quantité d'acide apoglucique.

La liqueur, provenant du précipité obtenu avec le sous-acétate de plomb, était colorée en jaune. On ne pouvait pas s'attendre à y trouver, ni acide phosphorique, ni acide sulfurique. Elle présentait une réaction acide.

L'acide nitrique étendu n'y produisait pas de précipité.

L'acide nitrique concentré colorait en jaune la liqueur qui, par l'action de l'ammoniaque, devenait rouge orangé. Il y existait donc également des substances albumineuses.

Le prussiate jaune de potasse n'y produisait pas de précipité.

La dissolution, neutralisée par l'ammoniaque, ne donnait pas de précipité par l'action de la chaleur : la dissolution de sublimé corrosif y produisait un abondant précipité.

La liqueur cuivrique d'épreuve était fortement réduite par l'action de la chaleur, et, comme le sous-acétate de plomb ne précipite pas l'acide lactique, cette réduction doit être attribuée à l'acide glucique et à la dextrine qui sont précipités par le sous-acétate de plomb.

L'alcool produit aussi dans cette liqueur un trouble que l'on doit attribuer à la présence des substances albumineuses et de la dextrine.

Nous trouvons donc ici des substances albumineuses et l'acide que nous avons désigné sous le nom d'acide glucique.

La liqueur, provenant du précipité obtenu au moyen du sous-acétate de plomb et de l'ammoniaque, présentait encore une réaction acide et était également de couleur jaune.

L'acide nitrique étendu n'y produisait pas de précipité.

Par l'action de l'acide nitrique concentré, la liqueur, chauffée légèrement, puis additionnée d'ammoniaque, prenait une couleur rouge orangé. Pour la troisième fois, nous trouvons donc des substances albumineuses.

Le prussiate jaune de potasse ne donne pas de précipité : le sublimé corrosif indique encore la présence d'une substance albumineuse.

La liqueur cuivrique d'épreuve est fortement réduite par le sucre qui y existe, par la deuxième sorte de dextrine (p. 139) et par l'acide lactique.

L'alcool y produit un précipité abondant de dextrine, et, si on fait bouillir la liqueur avec du carbonate de zinc, il se dépose du lactate de zinc par le refroidissement.

La liqueur qui s'est séparée du dernier précipité, après avoir été traitée par l'hydrogène sulfuré, était presque incolore.

L'acide nitrique concentré y produisait, avec l'aide d'une faible chaleur, une coloration jaune qui devenait rouge orangé par une addition d'ammoniaque. Nous avons donc encore ici une substance albumineuse, de telle sorte que nous trouvons ici quatre sortes de substances albumineuses : l'une qui devient insoluble par l'action de l'acétate neutre de plomb ; la deuxième qui devient insoluble par l'action du sous-acétate de plomb ; la troisième qui devient insoluble par l'action du sous-acétate de plomb et de l'ammoniaque, et la quatrième qui reste dissoute.

La liqueur cuivrique d'épreuve ne subit aucune trace de réduction par l'action de cette liqueur.

On trouve du reste, dans cette dissolution, de la chaux, de la magnésie, de la potasse, de la soude et du chlore. Dans aucune des quatre dissolutions, l'iode n'a indiqué aucune trace de réaction indiquant la présence de l'amidon.

La bière de Munich, désignée sous le nom de *Heilige Vater-Bier* dont nous avons indiqué (p. 325) la composition d'après Leo, a fourni les réactions suivantes :

Pesanteur spécifique 1,03. Elle colore en rouge le papier de tournesol : elle donne avec l'eau de chaux un abondant précipité, et en même temps la liqueur est presque entièrement décolorée. La teinture de noix de galles détermine la production de flocons bruns solubles dans l'eau : l'alcool produit un précipité qui se redissout dans l'eau ; par l'action d'une dissolution de gélatine, il se produit un trouble très-faible : l'iode n'exerce aucune réaction : le sublimé corrosif détermine la précipitation de flocons abondants : par l'action du sesquichlorure de fer et du sulfate de sesqui-oxyde de fer, il se produit une coloration foncée, mais il ne se produit pas de précipité : l'acétate neutre de plomb et le sous-acétate de plomb produisent un abondant précipité. Les sels de baryte et l'acide oxalique ne produisent que les réactions auxquelles on doit s'attendre en tenant compte des sels contenus dans l'eau employée à la préparation de la bière : il en est de même du nitrate d'argent,

mais les substances organiques déterminent la réduction d'une certaine quantité d'argent.

Wackenroder (1) a examiné également l'action de différents réactifs sur les bières et spécialement sur les bières brunes. Toutes ces bières lui ont donné les réactions suivantes.

L'alcool produit un précipité blanc.

L'iode ne détermine aucune coloration.

Les acides minéraux n'apportent aucune modification dans les bières.

L'ammoniaque liquide produit un précipité qui est floconneux et plus tard un dépôt cristallin de phosphate ammoniaco-magnésien.

Le carbonate d'ammoniaque se comporte d'une manière analogue.

La potasse et le carbonate de soude produisent, après un long contact, un léger précipité.

Le chlorure de baryum détermine un trouble dans la plupart des bières.

L'oxalate de potasse produit un précipité abondant.

Le phosphate de soude produit un précipité très-peu considérable, presque entièrement soluble dans l'acide nitrique.

Le sesquichlorure de fer ne produit aucun précipité.

L'acétate de sesqui-oxyde de fer produit un précipité brun, volumineux, presque entièrement soluble dans la potasse.

Le sulfate de cuivre détermine la production d'un léger trouble.

Le nitrate de protoxyde de mercure produit un précipité blanc, volumineux, qui devient gris et qui est en grande partie soluble dans l'acide nitrique.

Le sublimé corrosif produit un précipité blanc, floconneux.

Le nitrate d'argent produit un précipité blanc qui devient rapidement brun : ce précipité n'est pas entièrement soluble dans l'acide nitrique, mais il est entièrement soluble dans l'ammoniaque.

Le chlorure d'étain produit un léger précipité.

L'infusion de noix de galles détermine la production de flocons blancs.

L'extrait de bière, traité par l'alcool et évaporé de nouveau,

(1) Erdmann's *Journal*, t. XVIII, p. 196.

abandonne à l'éther une matière grasse inodore, insipide. Lorsqu'on dissout dans l'eau la portion de l'extrait qui s'est dissoute dans l'alcool, elle donne une liqueur trouble, présentant une réaction acide, qui est précipitée par l'acétate de plomb, par le nitrate de bioxyde de mercure, par le nitrate d'argent, par le sublimé et par l'infusion de noix de galles. Wackenroder considère l'acide comme étant de l'acide malique. Il a trouvé en outre dans cet extrait alcoolique du sucre qui, mélangé avec la levûre, fermentait, et une substance brune, de nature sirupeuse.

Si l'on traite par l'eau la portion de l'extrait qui ne s'est pas dissoute dans l'alcool, on obtient une liqueur qui contient de la dextrine et qui fermente lorsqu'on la mélange avec de la levûre : tout le sucre n'avait donc pas été séparé par l'alcool. — L'iode n'indique dans la dissolution aqueuse la présence d'aucune trace d'amidon ; les sels de plomb, d'argent, de protoxyde de mercure, y déterminent des précipités notables : l'acétate de sesqui-oxyde de fer détermine une précipitation de flocons bruns, abondants : le sublimé y produit un précipité blanc, et l'infusion de noix de galles un précipité blanc sale.

Comme la bière se comporte généralement à l'égard des réactifs de la manière qui vient d'être indiquée, je pense qu'il est inutile de m'arrêter plus longtemps sur ces réactions.

Van-Den-Broek a fait une analyse d'une pierre à bière (*bier-steen*) (1). Cette analyse a donné les résultats suivants :

Sucre de fruits	45,21
Sucre de cannes	39,76
Substances albumineuses	6,16
Matière grasse et substances végétales insolubles	1,09
Substances inorganiques	2,22

On met cette soi-disant pierre à bière en digestion avec de l'eau, puis on mélange le tout avec de la levûre. Par la fermentation, on obtient de la bière. — Balling a également analysé une pareille pierre à bière (*bier-steen*, *granen-steen*,

(1) *Aanteekeningen der Sectie-verg. voor Nat. en Geneesk. van het Prov. Utr. Gen.*, 22 avril 1854.

zeilithoïde) dont on devait la découverte à Rietsch (1). La bière que l'on a préparée au moyen de cette pierre à bière, contenait 6,6 pour 100 d'extrait et 3,7 pour 100 d'alcool (2).

CHAPITRE XV

FALSIFICATIONS DE LA BIÈRE.

Un grand nombre de falsifications de la bière que l'on rencontre surtout en Angleterre, ont été signalées par la science : je prends ici la dénomination de falsification de la bière dans le sens d'addition de substances que l'on ne doit pas s'attendre à y trouver, en tenant compte de son mode de fabrication, ou bien encore de substances nuisibles.

Il ne peut être question de falsification au moyen de l'*alcool* que pour les bières fortes et d'un prix élevé. La bière contient alors une quantité d'extrait relativement d'autant plus faible que l'on a ajouté plus d'alcool. Les bonnes bières d'un bon renom contiennent une quantité déterminée d'alcool et d'extrait. Si la quantité de ce dernier est très-faible, tandis que la quantité du premier est élevée, cela rend probable une addition d'alcool, et c'est même le seul moyen que l'on possède de le supposer avec quelque probabilité. Pour la plupart des bières, cette falsification serait trop coûteuse ; on ne doit du reste pas s'attendre à la rencontrer dans les bières de Hollande.

Une autre falsification que l'on peut mettre sur la même ligne que la falsification au moyen de l'alcool, est celle qui consiste à remplacer une partie du grain par des *pommes de terre* ou par une autre substance amylacée, d'un prix peu élevé, dont l'amidon se transforme, sous l'influence du malt, en dextrine et en sucre qui, plus tard, par l'action de la levûre, est transformé en alcool. On peut encore arriver au même but, qui est d'augmenter la quantité d'alcool contenue

(1) *Polyt. Centr. Bl.*, 1853, p. 247; voyez aussi Dingler's *Journal*, CXLI, p. 75.
(2) *Polyt. Centr. Bl.*, 1854, p. 1202.

dans la bière, au moyen d'une addition de *sirop de fécule* ou de *sirop ordinaire* que l'on décolore au moyen du charbon animal et que l'on fait ensuite fermenter.

Si la quantité de sucre contenue dans la bière n'est pas considérable, on peut reconnaître toutes ces falsifications à l'aide de la détermination des quantités relatives d'extrait et d'alcool : dans les bières falsifiées, la quantité du premier est toujours trop faible. La détermination de la quantité et de la nature des sels contenus dans la bière peut encore donner à cet égard des indications importantes.

La falsification de la bière au moyen de l'*eau* n'est pas à craindre ; on n'achèterait pas la bière ainsi falsifiée. On a plus de raisons d'admettre une addition de sucre, de dextrine ou de sirop de dextrine. La découverte d'une falsification de cette espèce est impossible, à moins que la quantité de ces substances que l'on a ajoutée, ne soit excessivement considérable.

Il se présente du reste à nous un champ très-étendu de falsifications de la bière qui comprend toutes les falsifications que l'on peut faire dans le but de lui communiquer une propriété particulière comme la saveur, l'odeur, ou d'accroître son action sur l'organisme.

Lorsque la bière est devenue acide, on y ajoute souvent de la *craie* ou du *bicarbonate de soude* dans le but de remédier à cet inconvénient. On peut alors facilement découvrir, dans l'extrait fourni par cette bière, de l'acétate de soude ou bien de l'acétate et du lactate de chaux. Par la distillation de cet extrait avec de l'acide sulfurique, on obtient de l'acide acétique. L'extrait de bière fournit bien toujours une certaine quantité d'acide acétique : mais lorsqu'on a ajouté par fraude de la craie ou du bicarbonate de soude dans le but d'enlever à la bière sa saveur acide, il s'en trouve beaucoup plus. On reconnaît la présence d'une trop grande quantité de lactates, en faisant bouillir la bière avec du carbonate de zinc : le lactate de zinc se sépare alors sous la forme d'un dépôt cristallin. Par l'incinération d'une autre portion de l'extrait, une pareille bière fournit une quantité considérable de chaux ou de soude.

On emploie quelquefois pour la préparation de la bière un malt détérioré : mais on introduit alors du *noir d'os* dans la cuve-matière pendant l'empâtage et même dans la chaudière à brasser : l'odeur désagréable du malt est écartée par le

noir d'os. Ce procédé, qui a été indiqué par Zimmermann, peut être positivement considéré comme une falsification. On ne peut du reste pas reconnaître que l'on en a fait usage. La bière a quelquefois elle-même une odeur désagréable : Müller (1) a conseillé d'employer le noir d'os pour la lui enlever. Il dit que ce moyen est « le seul moyen convenable. » Il y en a cependant encore un autre, c'est d'employer cette bière à la fabrication du vinaigre ou de la jeter. Du reste, on ne devrait assurément pas livrer à la consommation de pareilles substances comme étant de bonne bière.

On ajoute quelquefois de la *potasse* pour rendre la bière plus mousseuse. On retrouve alors la potasse dans la cendre.

Dans les bières anglaises et dans d'autres bières, on ajoute du *chlorure de sodium* pour en améliorer la saveur; on ne peut pas ranger cette addition au nombre des falsifications. On trouve alors le chlorure de sodium dans la cendre.

On a retrouvé de l'*acide tartrique* dans la bière, ce qui vient de l'habitude que l'on a de ramollir au moyen de l'acide tartrique et de l'acide acétique la colle de poisson que l'on emploie pour la clarification.

On peut découvrir la présence du *suc de réglisse* dans la bière à l'odeur caractéristique qui se fait sentir lorsqu'on évapore la bière qui en contient.

Parmi les substances nuisibles que l'on peut rencontrer dans la bière, il faut ranger le *cuivre* qui provient de la chaudière que l'on n'a pas bien lavée avant de s'en servir, de telle sorte que la bière qui est restée, est devenue acide, ce qui a déterminé une production d'acétate de cuivre. Les tuyaux et les robinets en cuivre peuvent aussi dans une brasserie être la cause de la présence d'une certaine quantité de cuivre dans la bière. Lorsqu'on a ajouté du sirop de fécule dans le but d'augmenter la quantité d'alcool qui se produit par la fermentation du sucre de raisin contenu dans l'infusion de malt, et lorsque ce sirop de fécule contient du cuivre (ce qui, du reste, n'est pas rare), l'emploi de ce sirop de fécule peut être une source à laquelle la bière ait puisé une certaine quantité de cuivre.

La présence du cuivre dans la bière est facile à reconnaître.

(1) *Loc. cit.*, p. 363.

On évapore la bière, on carbonise le résidu et on le traite par l'acide nitrique. On peut alors s'assurer de la présence du cuivre au moyen de l'hydrogène sulfuré, au moyen de l'ammoniaque et au moyen des réactifs ordinaires de ce métal.

Le plomb que l'on rencontre dans la bière peut provenir des appareils ou des tuyaux en plomb que l'on emploie dans les brasseries. Suivant Meurein (1), certaines bières peuvent même contenir du plomb, parce qu'on y aurait ajouté à dessein de la litharge et des sels de plomb pour rendre la bière plus claire ou pour saturer les acides. Cela est peu probable. Dans tous les cas, on reconnaît la présence du plomb de la même manière que l'on reconnaît celle du cuivre, en évaporant la bière, en carbonisant le résidu et en le traitant par l'acide nitrique : le sulfate de soude, l'hydrogène sulfuré et les autres réactifs ordinaires indiquent alors la présence du plomb, s'il y en a.

Pour clarifier la bière, on y ajoute de la colle de poisson. Mais comme la bière est une liqueur peu alcoolique et comme la combinaison de la colle de poisson et de l'acide tannique est soluble dans l'acide lactique, la colle de poisson ne se sépare qu'incomplétement de la bière. Pour accélérer cette séparation, on ajoute quelquefois préalablement une dissolution d'*alun*. C'est seulement dans des cas rares que ce dernier est entièrement séparé par la colle de poisson. Pour démontrer la présence de l'alun dans la bière, on l'évapore jusqu'à siccité ; on incinère le résidu et on le traite par l'eau bouillante. Le chlorure de baryum indique dans la dissolution ainsi obtenue la présence de l'acide sulfurique ; le chlorure de platine y indique la présence de la potasse, et le carbonate d'ammoniaque la présence de l'alumine. Relativement à ces précipités, on ne doit pas oublier que toutes les bières contiennent de l'acide sulfurique et de la potasse et que le phosphate de chaux ne doit pas être confondu avec l'alumine.

On ajoute quelquefois de petites quantités d'*acide sulfurique* à la bière pour la clarifier. Pour les y découvrir, on évapore la bière ; on chauffe dans une cornue l'extrait ainsi obtenu et on fait passer dans de l'eau de chlore le gaz qui se dégage. On trouve alors dans l'eau de chlore de l'acide sulfurique, ce qui

(1) Chevalier, *Dictionnaire des altérations et des falsifications des substances alimentaires*, etc., 3e édition, 1857, t. I, p. 132.

vient de ce que le gaz qui s'est dégagé par l'action de la chaleur sur l'extrait, était de l'acide sulfureux.

Dans le but de remplacer en partie le houblon dans la bière, on y mélange quelquefois une certaine quantité de substances amères ou d'autres substances comme l'*opium*, les *semences de coque du Levant*, la *strychnine*, l'*aloès*, la *noix vomique*, le *poivre d'Espagne*, les *têtes de pavots*, la *gentiane*, la *quassie*, le *gingembre*, les *clous de girofle*, la *racine de pyrèthre*, le *menianthes trifoliata*, la *petite centaurée*, l'*absinthe* et beaucoup d'autres substances : pour communiquer à la bière une couleur plus foncée, on a employé en outre le *suc de réglisse*, la *chicorée torréfiée*, le *caramel*, le *sirop torréfié*, l'*infusion de baies de sureau* (1).

Quelques-unes des substances indiquées doivent servir à donner à la bière une saveur plus amère, ou bien, ainsi que cela se présente pour les substances toxiques, à lui faire exercer sur l'organisme une action plus énergique qui vienne en aide à l'action de l'alcool.

Il n'est pas besoin de rappeler que la plupart des additions indiquées ne peuvent pas être reconnues par l'analyse de la bière, ou ne peuvent du moins être reconnues que rarement avec certitude. Pour reconnaître la présence de ces substances, les seuls caractères qui restent à notre disposition, sont l'odeur et la saveur que prend la bière elle-même par l'évaporation, ou bien l'odeur et la saveur que prennent son extrait aqueux et son extrait alcoolique : en comparant cette odeur et cette saveur avec l'odeur et la saveur particulières des substances indiquées, on peut arriver à la conclusion qu'une de ces substances existe probablement dans la bière.

Graham et Hofmann ont recherché dans un grand nombre de sortes de bières la *noix vomique* ou bien la *brucine* et la *strychnine*. On évapore la bière, en ayant soin d'opérer sur une grande quantité de bière, parce que l'on ne doit pas compter sur l'addition d'une grande quantité de ces substances étrangères, et on épuise l'extrait par l'alcool : c'est dans cet

(1) D'après Payen, on a employé en France l'extrait de chicorée pour rendre la bière plus foncée. (*Comptes-rendus*, 1846, t. XXIII, p. 400.) Payen la considère comme devant être préférée sous ce rapport au sucre torréfié parce qu'elle contribue à rendre la bière plus susceptible de se conserver. Comment peut-on recommander à ce point une addition de substances étrangères?

extrait que l'on doit rechercher la strychnine et la brucine. On évapore cette dissolution et on épuise le résidu par l'éther. Dans le résidu de l'évaporation de cette dissolution, on peut reconnaître la présence de la strychnine, en ajoutant de l'acide sulfurique, puis un cristal de bichromate de potasse. S'il y a de la strychnine, il se produit une coloration violette qui persiste pendant peu de temps. Cette réaction, indiquée par Lefort (1), et par Thomson (2), a été employée par Graham et par Hofmann (3), pour rechercher la strychnine dans un grand nombre de bières anglaises, dans lesquelles ils n'en ont pas trouvé. 50 milligrammes de strychnine sont nécessaires pour rendre un litre de pale ale aussi amère qu'il le serait si l'on y ajoutait la quantité de houblon ordinaire, et cette quantité de strychnine est plus que double de celle qui est nécessaire pour donner la mort à un homme. Considérée à ce point de vue, la question présente une importance assez grande.

Pour isoler la strychnine contenue dans la bière, Hassall conseille d'évaporer la bière, d'épuiser l'extrait par l'alcool, de précipiter par une petite quantité d'acétate de plomb, de filtrer, de séparer le plomb au moyen de quelques gouttes d'acide sulfurique, de filtrer de nouveau et d'évaporer la liqueur.

Brieger (4) pense que la réaction exercée sur la strychnine par l'acide sulfurique et le bichromate de potasse perd beaucoup de sa netteté et peut même ne pas avoir lieu en présence de la morphine, de la quinine et du sucre : il n'en est pas ainsi en présence de l'amidon et de la santonine (5).

La manière de reconnaître la présence de la strychnine dans un mélange de différentes substances, et par conséquent aussi dans la bière, a été étudiée avec détail par Girdwood et Rodgers (6). Ces chimistes ont employé la méthode suivante : on fait bouillir pendant quelque temps les matières solides, et

(1) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XXI, p. 172.

(2) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XVII, p. 276.

(3) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXXXIII, p. 39.

(4) *Jahrb. für Pr. Pharm.*, t. XX, p. 87.

(5) Relativement à la recherche des bases douées de propriétés toxiques, on peut consulter le *Handwœrterbuch*, de Liebig, etc., 2e édition, t. I, p. 460, et le *Jahresb.*, de Liebig et Kopp, 1856, p. 754, où se trouvent indiquées les expériences de Otto, Stas, Ahlers, Bingley, Copney, Letheby, Horsley, Herapath, Macadam, Hall, Schlienkamp, Wittstein, Edwards.

(6) Wittstein, *Vierteljahresschrift*, t. VI, p. 549, 1857.

par conséquent aussi l'extrait de bière, avec de l'acide chlorhydrique; on évapore; on traite le résidu par l'alcool; on évapore de nouveau; on traite le résidu par l'eau et on agite avec du chloroforme qui dissout le chlorhydrate de strychnine. On évapore le chloroforme et on traite au bain-marie le résidu par l'acide sulfurique concentré afin de décomposer les substances organiques qui ont pu se dissoudre dans le chloroforme. On traite le résidu par l'eau, on agite avec du chloroforme et on recommence deux fois le dernier traitement. Toutes les substances organiques qui peuvent s'y trouver, étant alors décomposées, on dissout le sel de strychnine dans le chloroforme, en agitant sa dissolution aqueuse avec du chloroforme; on évapore lentement et par petites portions le chloroforme sur une portion très-restreinte d'une petite capsule de porcelaine, afin que le résidu occupe un espace aussi petit que possible; on ajoute de l'acide sulfurique au résidu de l'évaporation, puis on additionne le tout d'une petite quantité de bichromate de potasse. S'il existe la plus faible trace de strychnine, il se produit une coloration.

Pour reconnaître la présence de l'*opium* dans la bière, on cherche s'il y existe de la morphine. Dans ce but, on évapore la bière, on traite le résidu par l'alcool; on évapore la dissolution alcoolique; on dissout le résidu dans de l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide acétique; on précipite par l'acétate de plomb; on filtre; on fait passer de l'hydrogène sulfuré dans la liqueur; on filtre de nouveau, puis on évapore. S'il y a de la morphine, l'acide nitrique doit déterminer une coloration rouge. On peut du reste essayer encore au moyen d'autres réactifs s'il y a de la morphine (1).

Il n'existe malheureusement aucune réaction chimique qui permette de reconnaître la présence de la *belladone*, des *semences de coques du Levant*, de la *jusquiame* dans la bière.

Suivant Chevallier (2), on a employé l'*acide picrique* comme succédané du houblon dans la préparation de la bière. Pour le découvrir dans la bière, Lassaigne conseille de filtrer la bière sur du charbon animal ou de la traiter par le sous-acétate de plomb. Dans les deux cas, la bière est décolorée, lorsqu'elle

(1) Kieffer, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, septembre 1857, p. 271.
(2) *Dictionnaire*, 3e édition, t. I, p. 132.

est pure (1) : si, au contraire, la bière contient de l'acide picrique, elle n'est pas décolorée. S'il existe de l'acide picrique dans la bière, elle reste amère après l'addition du sous-acétate de plomb, tandis que, s'il y avait seulement du houblon, la substance amère du houblon est précipitée par l'oxyde de plomb.

On pourrait découvrir de cette manière dans la bière une quantité d'acide picrique s'élevant à $\frac{1}{12000}$ et même à $\frac{1}{10000}$. Cette méthode doit donner des résultats erronés : en effet, la substance amère du houblon n'est pas entièrement séparée de la bière par cette méthode.

Dumoulin (2) a présenté à l'Académie des sciences de France une bière qui contenait, pour 1 hectolitre, 0gr,25 d'acide picrique et qui ne contenait pas de houblon. Il a dit que la fermentation avait présenté un cours régulier, et il a émis l'opinion que l'emploi de cette bière méritait d'être recommandé dans la marine comme antiscorbutique.

Je ne sais pas si, depuis cette époque, les marins français ont fait régulièrement usage d'acide picrique (3).

Pour découvrir la présence de l'acide picrique dans la bière, Pohl (4) conseille d'ajouter à la bière de la laine blanche qui n'ait pas été peignée et de faire bouillir le tout pendant 6 à 10 minutes. S'il y a de l'acide picrique, la laine devient jaune, et cette coloration jaune est d'autant plus foncée qu'il existe plus d'acide picrique dans la bière.

On peut, suivant Herapath, découvrir dans la bière la présence de la *picrotoxine* qui vient de ce que l'on a ajouté à la

(1) Cela est inexact, voir p. 356.

(2) *Comptes-rendus*, t. XXXII, p. 879.

(3) En admettant que les faits énoncés par M. Dumoulin soient exacts, nous croyons qu'il serait absolument indispensable que l'acide picrique, employé à la préparation de ces bières, fût entièrement pur et ne contînt aucune trace de l'acide nitrique qui a servi à sa préparation.

Nous ferons remarquer toutefois que nous sommes loin de blâmer l'emploi de la bière et surtout d'une bonne bière antiscorbutique dans l'alimentation du marin, et que les expériences de M. Dumoulin ont à nos yeux un grand mérite, celui de rappeler l'attention sur les expériences qui ont été faites antérieurement sur ce sujet par Cook dans ses voyages de circumnavigation. Peut-être est-il regrettable que les tentatives faites dans la voie indiquée par cet illustre navigateur n'aient pas été suivies avec plus de persévérance.

Ceux qui seraient curieux de connaître où en était cette question en 1856, trouveront un excellent résumé des recherches antérieures dans Fonssagrives, *Traité d'hygiène navale*, p. 525.

(4) Erdmann's *Journal*, t. LXIII, p. 314.

bière une certaine quantité de semences de coque du Levant et qui est un poison amer, très-dangereux, en ajoutant à la bière de l'acétate de plomb, et en séparant de la liqueur l'excès de plomb au moyen de l'hydrogène sulfuré; on filtre; on fait bouillir la liqueur; on évapore, puis on fait digérer la liqueur avec du charbon animal. Ce charbon contient la picrotoxine qu'on lui enlève au moyen de l'alcool : on filtre, puis on évapore l'alcool. Si la quantité de picrotoxine est suffisante, elle se dépose de l'alcool avec sa forme cristalline caractéristique.

Schlossberger conseille de donner à des animaux les extraits des bières dans lesquelles on suppose des substances toxiques et d'observer l'action qu'ils exercent. La belladone, par exemple, dilate la pupille, etc. (1). Le conseil me paraît très-bon.

CHAPITRE XVI

DE LA DÉPERDITION DE PRINCIPES NUTRITIFS QUI SE PRODUIT DANS LA PRÉPARATION DE LA BIÈRE.

Par les observations que nous avons faites jusqu'ici, on voit qu'une portion de l'orge, du froment ou de l'espèce de grain quelconque, qui avait été employée primitivement à la préparation de la bière, n'est pas utilisée dans cette préparation et se trouve perdue pour la consommation de l'homme et des animaux.

Il est nécessaire que nous en fassions le compte, et nous devons nous demander quelle est la quantité de cette perte et en quoi elle consiste.

Au sujet qui nous occupe, vient naturellement se rattacher la question de savoir à quel prix on peut préparer de la bière si l'on veut qu'elle soit bonne : on ne peut pas en effet préparer une bonne bière avec des matériaux insuffisants.

Pour pouvoir connaître la valeur de la perte qui a lieu pendant la transformation du grain en bière, nous n'avons besoin que d'appeler à notre aide les indications que nous avons données précédemment.

De ce qui a été indiqué p. 230, il résulte que, même lors-

(1) *Org. Chemie*, 1857, p. 266.

qu'on a opéré convenablement, une certaine quantité de l'amidon qui se trouvait dans l'orge, n'est pas transformée en parties constituantes de la bière, et que cette quantité varie de 1/8 à 2/7 de la quantité du grain qui avait été employée. Cet amidon reste dans le résidu de l'empâtage, dans la drêche : pour le malt touraillé, elle est de 2/7 ; pour le malt fortement touraillé, elle est de 1/8. Si nous prenons 2/7, nous voyons que, sur 700 livres d'orge employées, il s'opère pour la consommation de l'homme une perte de 200 livres d'amidon. Toutefois ces 200 livres d'amidon peuvent être employées à la nourriture des bestiaux : il n'y a donc pas réellement de perte.

Il en est de même des substances albumineuses. Dans le grain, lorsqu'il a été épuisé, il reste 4/6 à 4/7 des substances albumineuses qui existaient primitivement dans l'orge.

Des 600 à 700 livres de substances albumineuses que contenait l'orge employée à la fabrication de la bière, 400 livres sont enlevées à la consommation de l'homme pour être données aux bestiaux comme aliment. Ce n'est donc pas non plus une perte réelle. En effet, par l'intermédiaire de bestiaux tels que les vaches, par exemple, l'homme retrouve ces substances albumineuses sous forme de viande.

La drêche est pour les bestiaux un aliment qui est tout à fait propre à favoriser la production de la chair et de la caséine. Si l'on fait abstraction de la quantité d'eau, il n'est presque aucun aliment végétal qui lui soit comparable. Nous avons dit, p. 228, qu'il s'y rencontre de 19 à 25 pour 100 de substances albumineuses pour une quantité d'amidon de 45 à 22 pour 100. La valeur excessivement élevée de cette substance pour l'alimentation des bestiaux, surtout lorsqu'on la mélange avec des substances d'une puissance nutritive moins énergique, n'a pas assurément besoin d'être démontrée plus clairement. Relativement à la quantité de substances albumineuses qu'elle contient, la drêche à l'état sec vient se ranger comme substance nutritive presque au même rang que les pois et les haricots.

Mais, dans la fabrication de la bière, à partir du commencement du traitement du grain jusques et y compris la fermentation qui termine l'opération, il se produit une perte qui est complète sous quelque rapport qu'on la considère.

Nous pouvons encore évaluer d'une autre manière la perte

qui se produit pour la consommation de l'homme dans la préparation de la bière, en prenant pour point de départ les analyses de l'orge et du malt d'orge qui ont été faites par Oudemans et que nous avons indiquées p. 18.

Dans 100 parties d'orge desséchée à l'air, on trouve :

Amidon et dextrine	58,3
Substances albumineuses	9,7
Matière grasse	2,1
Substances inorganiques	2,5
	72,6

Supposons maintenant une bière préparée au moyen de 100 livres d'orge transformée en malt et au moyen d'une quantité d'eau suffisante pour qu'il puisse se produire 400 livres de bière, et admettons encore pour plus de simplicité que le poids de la bière est le même que celui de l'unité de mesure. La question se réduit alors à savoir quelle portion de ces 72 livres de parties constituantes utiles on retrouve dans la bière.

Si cette bière contient en poids 4,2 pour 100 d'extrait et 3,5 pour 100 d'alcool, c'est une bière d'une bonne consommation, d'une force convenable et d'une puissance nutritive suffisante.

400 kilos de bière contiennent alors 14 kilos d'alcool et 17 kilos d'extrait; en admettant que ce dernier soit composé uniquement de sucre et de dextrine, et en supposant pour plus de simplicité que ces substances peuvent toutes deux être représentées par 2025, l'alcool étant représenté par 1150. — Il existe alors dans 400 kilos de bière 31 kilos de parties constituantes utiles provenant de 58,3 amidon et dextrine. Sur 100 kilos d'orge, il se perd donc, pour la consommation de l'homme, par la transformation de l'orge en bière 58,3 — 31 = 27,3 kilos ou presque la moitié du tout.

Pour les substances albumineuses, on obtient du reste un résultat encore moins satisfaisant.

Admettons que la bière ait donné 4,2 pour 100 d'extrait et que cet extrait ait fourni par l'analyse 1,5 pour 100 d'azote. Si nous tenons compte de cet azote comme provenant des substances albumineuses, nous trouvons que, dans 1 kilo de bière, il existe 0k,4 de substances albumineuses, c'est-à-dire

que 400 kilos de bière contiennent $1^k,6$ de substances albumineuses. Il y en avait $9^k,7$ dans le grain. Sur $9^k,7$, il s'est donc perdu $8^k,1$, c'est-à-dire presque les 5/6 de la quantité qui existait primitivement dans le grain.

Admettons que, dans 100 parties d'extrait de bière, il existe 0,2 de matière grasse. Cela donne pour 4,2 pour 100 d'extrait, 0,008 de matière grasse, et, par suite, pour 400 kilos de bière 0,032 de matière grasse. Dans 100 kilos d'orge, il y avait 2,1 de matière grasse; il s'est donc perdu 2,07, ce qui est presque une perte de $\frac{43}{70}$.

Passons enfin aux substances salines. Admettons qu'il existe 0,25 pour 100 de sels dans l'extrait : pour 400 kil. de bière, par exemple, cela nous donnera $0^k,1$. Mais il y avait $2^k,5$ de sels dans l'orge : il s'est donc produit une perte de 2,4 ou de $\frac{24}{25}$.

Partout, il y a donc perte pour la consommation de l'homme.

Mais nous avons dit que les bestiaux qui font usage de la drêche comme aliment, s'en trouvent bien. La perte, au point de vue économique, est donc beaucoup moindre; en effet, par l'intermédiaire des bestiaux, l'homme retrouve ce que les bestiaux ont consommé comme nourriture : dans la vache, il le retrouve sous forme de viande; dans le cheval, il le retrouve sous forme de force.

A combien s'élève la quantité de principes utiles que l'homme retrouve ainsi? Nous avons dit, p. 229, que, dans la drêche provenant du malt touraillé, il restait 1/4 de dextrine, de sucre et d'amidon, que l'on pouvait utiliser pour la nourriture des bestiaux. Retranchons ce 1/4 de 1/2 qui a été perdu pour la consommation de l'homme, il reste 1/4 pour la perte totale de parties constituantes amylacées qui disparaît sous forme d'acide carbonique dans la fermentation.

Nous avons dit en outre, p. 230, qu'il restait les 2/3 des substances albumineuses que l'on pouvait utiliser pour la nourriture des bestiaux. Les 5/6 sont perdus pour la consommation de l'homme; si l'on en retranche 2/3 = 4/6, il reste pour la perte totale 1/6 de la quantité de substances albumineuses que l'on a trouvée dans l'orge. On retrouve du reste une partie de cette perte dans la levûre que l'on vend au dehors (p. 337).

Nous ne retrouvons pas dans la drêche la matière grasse qui a été perdue (p. 228) : la drêche ne contient que les 2/7 de la quantité de matière grasse que l'on a trouvée dans l'orge :

cette matière grasse s'est donc séparée avec la levûre : elle ne sert donc pas plus à la nourriture de l'homme qu'à la nourriture des bestiaux.

Enfin les sels qui échappent à la consommation de l'homme, servent à l'alimentation des bestiaux (p. 228).

Le résultat final est donc que, dans la préparation de la bière, 1/4 des parties constituantes amylacées et 1/6 des substances albumineuses de l'orge sont perdus pour la consommation de l'homme et des bestiaux.

Sur 400 kilos d'orge employés à la préparation de la bière, 100 kilos sont donc perdus pour la consommation de l'homme et des bestiaux sous forme d'amidon et de dextrine : sur 600 kilos d'orge, 100 kilos sont perdus sous forme de substances albumineuses. Si l'on emploie du froment, la perte n'est pas moindre.

Dans l'exemple que nous avons choisi, nous avons admis, ainsi qu'on a pu le voir, que l'opération était bien conduite. Nous avons admis notamment que, dans la préparation de la bière, il se dissolvait une quantité des principes utiles de l'orge desséchée à l'air aussi grande qu'on pouvait l'attendre d'après les données de la théorie et de l'expérience.

Peut-être ne sera-t-il pas considéré comme hors de propos de passer de nouveau en revue les bases dont nous sommes partis pour arriver à ce résultat que, dans la préparation de la bière, le 1/4 de l'amidon et de la dextrine contenus dans l'orge est perdu pour la consommation de l'homme et des bestiaux. En ce qui concerne les substances albumineuses, je pense que la perte a été étudiée avec un développement suffisant.

Dans l'orge desséchée à l'air, il existe 58,3 pour 100 d'amidon et de dextrine (p. 272). Il en reste 1/4 dans la drêche (p. 228) : en effet 16,6 est le 1/4 de $58,6 + 6,6 = 65,2$ (1). — Il reste donc en nombres ronds 45 pour 100 d'amidon et de dextrine de l'orge desséchée à l'air. En nombres ronds, 17 parties de sucre et de dextrine, 14 parties d'alcool et 14 parties d'acide carbonique se forment aux dépens de ces 45 parties de sucre. — Ces 14 parties d'acide carbonique qui se dégagent, sont le 1/4 de 58,3 ou de la quantité totale d'amidon et de dextrine contenue dans l'orge.

(1) Ces nombres sont relatifs au malt touraillé, mais ils peuvent nous servir ici d'exemple.

Il n'a pas été tenu compte ici de la perte qui se produit par le lavage et la germination de l'orge (p. 97).

Relativement aux indications numériques, je n'ai donc rien exagéré. Nous ne nous ferions du reste qu'une idée imparfaite de la question qui nous occupe si nous nous en tenions seulement aux quantités. Aux dépens de l'amidon du grain, il s'est produit une substance gommeuse, du sucre et en outre de l'alcool. Pour 1150 parties d'alcool qui se sont produites aux dépens de l'amidon, il a disparu 1100 parties d'acide carbonique. Ces 1100 parties sont absolument perdues. D'autre part, au point de vue physiologique, l'alcool n'est pas comparable à l'amidon : relativement à la perte de 1/4 que subit l'amidon des grains dans la préparation de la bière, nous devons donc modifier notre jugement : en effet il se produit une substance qui exerce une action excitante sur l'organisme et dont l'action salutaire sur cet organisme est suffisamment prouvée, du moins lorsqu'on l'emploie à l'état étendu. Cela est surtout vrai lorsque cette substance se trouve en présence de l'albumine, de la dextrine, du sucre de fruits, de l'acide lactique, de la substance amère du houblon et des phosphates qui constituent, avec l'alcool, les parties constituantes principales de la bière.

En ce qui concerne la question de savoir si une partie d'alcool, lorsque cet alcool est étendu et mélangé avec d'autres substances nutritives, peut, au point de vue de l'effet utile, être considérée comme équivalente à 2 parties d'amidon, je ne puis exprimer aucune opinion décisive : nous manquons pour cela d'indications expérimentales. L'abus que l'on fait des boissons fortes, détourne quelques personnes d'exprimer un jugement simple et vrai sur l'action salutaire de l'alcool lorsqu'il est étendu, ainsi que cela se présente dans la bière par exemple.

Celui qui examine avec impartialité l'effet salutaire qu'une bonne bière exerce sur l'organisme, attribue une bonne partie de cet effet à l'alcool qui y est contenu, en admettant même que l'alcool ne possède pas la moindre puissance nutritive.

Pour moi, je ferai observer, relativement au 1/4 de l'amidon et de la dextrine qui, dans la préparation de la bière au moyen de l'orge, est perdu pour la consommation de l'homme et des bestiaux, qu'il ne m'est pas possible d'admettre qu'il existe là une perte essentielle, d'autant plus que,

à la place de l'amidon, il s'est produit de l'alcool dont l'action bienfaisante sur l'organisme est indubitable, pourvu seulement qu'il soit employé à l'état étendu et qu'il ne soit pas considéré comme un succédané de ce que nous appelons à proprement parler un aliment qui doit notamment être doué de la propriété de reproduire les matières qui ont été consommées.

En ce qui concerne au contraire la perte de 1/6 des substances albumineuses qui a lieu dans la préparation de la bière et dont, toutefois, une partie peut être retrouvée dans la levûre, il n'y a aucune justification à présenter.

CHAPITRE XVII

DES SUBSTANCES DONT ON PEUT SE SERVIR EN PLACE DE GRAINS POUR PRÉPARER UNE BONNE BOISSON.

Nous avons vu que, dans la préparation de la bière, une certaine portion de principes utiles est perdue : cela nous conduit naturellement à la question de savoir par quelles substances on peut remplacer une partie des grains afin d'arriver ainsi à la préparation d'une boisson qui possède à un degré plus ou moins élevé les propriétés que l'on exige d'une bonne bière.

Nous traiterons ici cette question seulement au point de vue de la Hollande, dans laquelle certaine partie de la population qui ne pouvait pas se procurer une bonne bière à cause de son prix élevé, a fait un grand abus de boissons fortes.

La question est déjà complétement résolue. On a préparé au moyen d'un très-grand nombre de substances très-riches en amidon, de la bière qui, par ses propriétés nutritives et excitantes, mérite d'être recommandée comme boisson. Il n'est du reste nullement douteux que l'on pourrait très-bien préparer de la bière au moyen de l'avoine et du sarrasin si on connaissait la manière dont on doit les employer. Le soi-disant vin des Cordillières est préparé avec du maïs. On obtient cette *chicha* en faisant séjourner le maïs dans l'eau pendant

6 à 8 heures, en le réduisant en farine très-fine et en faisant bouillir. On mélange ensuite la bouillie avec 4 $^1/_2$ fois son volume d'eau et on laisse fermenter à une température de 16 à 18 degrés. Au bout de 24 heures, lorsque la fermentation cesse d'être tumultueuse, on peut boire la *chicha*. C'est une boisson très-forte qui doit du reste être consommée rapidement parce qu'elle devient rapidement acide, « circonstance qui sert d'excuse à ceux qui en boivent avec excès (1). »

Cette boisson est si nutritive qu'elle est quelquefois même le seul aliment de personnes qui doivent être astreintes à un travail très-pénible.

L'orge et le froment ne sont donc pas absolument indispensables pour la préparation d'une bonne boisson.

Dans la province de Soccoro, on prépare au moyen du maïs bouilli, mélangé avec du sucre et soumis à la fermentation, un aliment que l'on désigne sous le nom de *masato* et que l'on renferme dans des tonneaux. « Il n'est pas rare de voir des personnes complétement ivres après en avoir mangé une ou deux assiettées (2). » On mélange ce *masato* avec de l'eau et on obtient immédiatement la *chicha*.

Avec le riz, on prépare un aliment analogue au *masato* que l'on désigne sous le nom de *guaruzo* et qui, mélangé avec de l'eau, donne aussi une boisson nutritive et excitante.

Il ne manque donc pas de substances amylacées qui puissent fournir une bonne boisson. Les substances que l'on peut employer en Hollande dans ce but, ne sont cependant pas nombreuses et, quelle que soit la substance amylacée que l'on emploie, il est impossible de remplacer entièrement les grains par d'autres substances : on a besoin d'un agent qui puisse déterminer la fermentation : on a besoin de substances albumineuses et nulle substance ne peut les fournir mieux et plus facilement que l'orge. L'emploi de l'orge est donc et reste donc indispensable pour la préparation d'une boisson qui puisse remplacer la bière.

On peut toutefois ajouter à l'orge d'autres substances qui soient d'un prix moins élevé et qui puissent cependant fournir une bonne boisson. Ces substances doivent être telles qu'elles

(1) Boussingault, *Économie rurale*, 2e édition, t. I, p. 501.
(2) Boussingault, *loc. cit.*

puissent fournir l'amidon ou le sucre à un prix moins élevé. Comme le sirop de fécule, qui est une substance d'un prix très-peu élevé, fournit en outre du sucre à l'état convenable, comme on le prépare au moyen de la fécule de pommes de terre, et comme en outre la fécule de pommes de terre, mélangée avec de l'orge, peut fournir une bonne boisson, la fécule de pommes de terre se recommande avant tout pour remplacer une portion de l'orge.

Balling a encore rendu sous ce rapport d'éminents services en se conformant aux indications de Kirchhoff et de Dœbereiner (p. 9) : il a préparé au moyen de l'orge et de la fécule de pommes de terre une boisson dont la saveur n'est pas inférieure aux bières les meilleures que l'on puisse préparer avec de l'orge (1).

L'emploi de la fécule de pommes de terre, avec diminution proportionnelle de la quantité d'orge que l'on emploie en même temps, permet d'éviter la perte de toutes ces substances albumineuses dont une si grande quantité est positivement perdue dans la préparation de la bière d'orge : et, d'autre part, l'amidon de l'orge se trouve ainsi remplacé par la fécule de pommes de terre, qui est d'un prix bien moindre et qui remplit toutes les conditions que remplit ce dernier : la fécule de pommes de terre est transformée en dextrine et en sucre par l'agent transformateur du malt d'orge : ce sucre fermente, et on obtient ainsi un liquide, de même que lorsqu'on emploie l'orge seule, qui cependant, entre autres différences, présente celle de contenir moins de phosphates.

A tout ce que nous venons de dire, on ne peut déjà opposer aucune contradiction lorsqu'on observe que, au moyen de l'orge germée, la fécule de pommes de terre est transformée pour les besoins de l'industrie en dextrine et en sucre et que, par la fermentation déterminée par la décomposition des parties constituantes de l'orge, on prépare en grand de l'alcool de fécule aux dépens de ce sucre.

Müller a également fait des expériences qui ont été favorables à la préparation d'une boisson au moyen de l'orge et de la fécule de pommes de terre. Les pommes de terre, telles qu'elles sont à l'état naturel, ne sont pas aptes à fournir une

(1) *Gährung's Chemie*, t. I, fascicule II, p. 72.

boisson savoureuse : il faut employer pour cela de la fécule de pommes de terre pure, sans odeur. On a du reste employé aussi avec succès des pommes de terre que l'on a préalablement purifiées au moyen de l'acide sulfurique. Pour opérer cette purification, on lave les pommes de terre avec de l'eau froide ; on les coupe en lanières ; on les mélange avec de l'eau froide à laquelle on a ajouté une quantité d'acide sulfurique représentant 1 à 2 p. 100 du poids des pommes de terre ; on lave les pommes de terre jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule soit incolore et insipide ; on dessèche le résidu et on le moud en farine fine. On obtient de cette manière un mélange de l'amidon et de la cellulose des pommes de terre qui peut très-bien être employé sous cette forme à la préparation d'un bon succédané de la bière.

Pour la préparation d'une boisson au moyen de l'orge et de la fécule de pommes de terre ou au moyen de pommes de terre préalablement lavées, il est nécessaire d'employer un malt d'orge d'une grande puissance : on ne doit donc pas employer un malt d'orge touraillé, mais on doit employer un malt d'orge faiblement touraillé ou un malt desséché à l'air. On doit en outre employer une quantité considérable de ce malt pour que la transformation de la fécule de pommes de terre que l'on a ajoutée puisse être déterminée par l'agent modificateur contenu dans l'orge en un temps assez court pour que le moût ne devienne pas acide. Pour obtenir ce résultat, on doit pour 100 livres de fécule de pommes de terre employer 100 à 150 livres de malt de bonne qualité : la quantité de malt que l'on doit ajouter, est du reste d'autant moindre que l'on a laissé la germination du grain se continuer pendant un temps plus long de manière à ce qu'il se soit développé une plus grande quantité d'agent transformateur, ce qui, dans la préparation de la bière au moyen de l'orge seule, ne présente aucun avantage, mais peut au contraire, dans le cas dont nous nous occupons ici et dans lequel une quantité plus grande d'agent transformateur est nécessaire, produire la transformation d'une quantité beaucoup plus grande de la substance amylacée que l'on a ajoutée. Dans 100 livres de malt desséché à l'air, il existe 50 livres d'amidon : dans la préparation d'une boisson au moyen de l'orge seule, l'agent transformateur contenu dans les 100 livres de malt d'orge n'a pas besoin d'opérer la transforma-

tion d'une plus grande quantité de substance amylacée : mais il pourrait en transformer trois fois autant, c'est-à-dire les 50 livres d'amidon contenues dans le malt même et 100 livres de fécule de pommes de terre que l'on ajouterait.

La disposition générale des appareils pour la préparation d'une boisson au moyen de l'orge et de la fécule de pommes de terre reste la même que pour la préparation de la bière au moyen de l'orge seule, et le meilleur mode d'opérer paraît être celui qui consiste à mélanger dans la cuve-matière le malt d'orge avec de l'eau à 60° et à procéder à l'empâtage conformément à la méthode ordinaire, à faire bouillir conformément à la méthode indiquée p. 214 le malt dans la chaudière avec une partie de la trempe épaisse, tandis qu'on mélange la fécule de pommes de terre avec la portion de l'infusion de malt qui est restée dans la cuve-matière : par une addition d'eau chaude, on porte à 75° la température du mélange qui se trouve dans la cuve-matière, de manière que l'agent transformateur dissous puisse transformer la fécule de pommes de terre en dextrine et en sucre. Lorsque le moût est à un état convenable, on le soutire : on transvase de nouveau la trempe épaisse de la chaudière dans la cuve à brasser ; on la traite de nouveau par l'eau : on répète encore une fois cette opération de la manière ordinaire ; on mélange les trois liqueurs, puis on les fait bouillir avec du houblon.

Si l'on veut obtenir un succédané de la bière qui soit plus foncé, on peut ajouter une petite quantité de malt fortement touraillé (malt-couleur) : si l'on opère en hiver où la température n'exerce pas une influence très-favorable à la fermentation, il est bon d'ajouter $\frac{1}{10}$ d'amidon de froment grossièrement moulu pour accélérer la production de la levûre (1).

En France, une addition de sucre ou de sirop décoloré au moyen du charbon animal ou de sirop de fécule a généralement lieu même pour la préparation des meilleures bières : j'ai du reste indiqué déjà le fait p. 236, et depuis que le gouvernement anglais a levé les prohibitions qui s'opposaient à l'emploi du sucre dans la préparation de la bière, le sucre paraît jouer également un certain rôle dans la fabrication de cette boisson en Angleterre.

(1) Voir en outre : Müller, *loc. cit.*, p. 316.

Rohart (1) recommande d'employer 45 litres de sirop de sucre de cannes pour 2500 litres de bière : il repousse l'emploi du sucre préparé au moyen de l'amidon, parce qu'il retient beaucoup trop de levûre et peut être cause que cette bière devienne acide. Des expériences plus précises n'ont pas confirmé cette opinion.

Il est évident que, dans le succédané de la bière que l'on prépare au moyen de la fécule de pommes de terre, il existe une quantité des substances albumineuses et des substances salines du grain moindre que dans la bière. Balling (2) indique, pour deux sortes de bière préparées avec de la fécule de pommes de terre et de l'orge, une quantité d'extrait de 2 à 2,2 p. 100 et une quantité d'alcool de 7,6 à 5 p. 100 (3).

Sur l'ordre du gouvernement bavarois, on a fait des expériences dans le but de fabriquer de la bière avec du malt d'orge et du sirop de sucre des colonies ou du sucre de fruits (4). Les expériences faites avec le sirop de sucre des colonies n'ont pas été favorables, tant sous le rapport de la saveur que sous le rapport de la quantité d'acide phosphorique contenue dans la cendre de la bière ainsi obtenue. Ce dernier résultat s'explique très-bien : s'il existe dans le sirop des sels de chaux ou du sucrate de chaux, l'acide phosphorique des phosphates contenus dans l'infusion de malt doit se séparer pendant l'opération à l'état de phosphate de chaux et doit par conséquent être perdu pour la bière. A sa place, on rencontre un sel de potasse soluble (qui s'est produit aux dépens du phosphate de potasse du moût) et la cendre de la bière fait effervescence lorsqu'on y verse un acide.

Pour la préparation d'une bière à laquelle doit concourir une certaine quantité de sirop, on doit donc avoir soin d'employer un sirop qui ne contienne pas de chaux.

Relativement à la saveur, on peut remarquer que le sirop ordinaire ne peut pas donner une bière qui présente un goût agréable : on doit d'abord enlever au sirop sa saveur et sa couleur si l'on ne veut pas qu'elles passent dans la bière et y restent.

(1) *Traité, loc. cit.*

(2) *Loc. cit.*, p. 391.

(3) En ce qui concerne les succédanés de la bière, nous indiquerons quelques observations de Lampadius (Erdm., *Journal*, t. II, p. 462), de Siemens (*Polyt. centr. Bl.*, 1845, p. 22), et de Balling (*ibid.*, p. 267).

(4) Dingler's *Polyt. Journal*, t. CXLIII, p. 61.

Ces résultats n'avaient pas besoin d'être exposés avec autant de détail par la commission bavaroise ; ils coulent de source.

Les résultats obtenus avec la bière préparée au moyen du malt et du sucre de fruits étaient favorables. La quantité de cendres contenue dans la bière ainsi obtenue n'était pas plus grande que dans la bière préparée avec le malt seul, et la quantité d'acide phosphorique contenue dans la cendre était encore un peu plus grande que dans la bière préparée avec du malt seul (?). La commission n'a positivement trouvé rien à objecter contre la bière préparée au moyen du malt et du sucre de fruits, si ce n'est qu'elle donne moins de levûre et présente au point de vue industriel cet inconvénient qu'elle peut donner lieu par suite à un manque de levûre : cette objection n'a pas précisément rapport à la fabrication même de la bière, puisqu'il se produit toujours une quantité de levûre suffisante pour la préparation de la bière ; mais elle présente de l'intérêt au point de vue de la vente de la levûre pour les besoins du commerce.

Ce jugement, publié en Bavière par ordre du gouvernement, présente de l'importance. Le gouvernement bavarois doit, par la nature même des choses, favoriser la préparation de la bière avec du malt seul : si donc nous trouvons qu'il n'a pu faire à la bière préparée au moyen du malt et du sucre de fruits aucun autre reproche que la possibilité d'être la cause d'une absence de levûre, l'addition d'une certaine quantité de sucre de fruits au malt dans la préparation de la bière se trouve ainsi reconnue bonne en Bavière. La bière préparée au moyen du malt d'orge seul et la bière préparée au moyen du malt et du sucre de fruits contenaient des quantités égales d'extrait et d'alcool: il s'y trouvait en effet 4 p. 100 d'extrait et 4 p. 100 d'alcool. La bière, provenant du malt seul, avait été obtenue au moyen de $75^k,40$ de malt d'orge et $0^k,56$ de houblon ; et la bière, provenant du malt et du sucre de fruits, avait été obtenue au moyen de $56^k,45$ de malt, de 4^k de sucre de fruits et de $0^k,56$ de houblon. On avait obtenu une quantité égale des deux espèces de bière, c'est-à-dire presque 300 litres (1).

(1) Pour la première, on a indiqué 4 *metsen* et, pour la seconde, 3 *metsen* de malt : 1 *metsen* vaut $18^k,85$. La quantité de la bière obtenue dans les deux cas a été évaluée à 4 *Eimer* 26 *Maas;* 1 *Eimer* de Bavière = 64 *Maas* = 68,52 litres. La quantité de bière obtenue s'accorde donc avec celle d'un moût de moyenne concentration.

Habich (1) a fait des observations relatives à la quantité de sucre que l'on peut ajouter à du malt d'orge, sans inconvénient pour la bière ou pour la levûre, et sur la manière de l'ajouter.

Il a observé qu'un moût clair, non houblonné, devient trouble par le refroidissement, mais peut rester clair lorsqu'on ajoute du sucre : le sucre maintient alors les substances albumineuses en dissolution. Si l'on soumet à la fermentation une pareille liqueur à laquelle on n'a pas ajouté plus de sucre qu'il n'était nécessaire pour maintenir les substances albumineuses en dissolution, on obtient une bonne bière et une bonne levûre. — Si l'on a ajouté une plus grande quantité de sucre, on obtient une levûre de mauvaise qualité.

Si donc on veut ajouter du sucre à une liqueur destinée à donner de la bière, il conseille d'ajouter au moût préalablement bouilli avec du houblon une quantité de sucre suffisante pour que, après le refroidissement, il se produise un léger trouble, mais pas plus. De cette manière, le dépôt qui se produisait sur les bacs refroidissoirs, était, d'après lui, formé seulement d'une combinaison d'acide tannique et de substances albumineuses et non de substances albumineuses libres.

Le but que je me suis proposé en donnant ces courtes indications sur ce succédané de la bière et sur la manière de le préparer, était d'attirer également l'attention sur ce point. On doit reconnaître qu'il y a lieu d'être peu satisfait de beaucoup de bières, parce qu'elles sont trop faibles et parce qu'elles contiennent une trop petite quantité de principes solides et une trop petite quantité d'alcool. Pour la préparation d'une boisson plus excitante, de la nature de la bière, on peut, ou bien employer une plus grande quantité de grain, ce qui fournit une bière d'un prix plus élevé, ou bien ajouter au grain des substances qui puissent le remplacer.

D'abord, chez beaucoup de personnes, l'idée n'est pas venue, pas plus autrefois qu'à présent, que l'on puisse avoir tort de désirer de ne pas boire une boisson forte. On sacrifie donc une petite quantité du pouvoir nutritif des bières de grains et on emploie un succédané de ces bières, c'est-à-dire la bière pré-

(1) Dingler's *Journal*, t. CLIX, p. 146.

parée avec des pommes de terre ou de la fécule de pommes de terre. — Je connais par expérience des succédanés de la bière de cette nature, et je puis certifier qu'ils surpassent par leur saveur et leurs autres propriétés sensibles, ainsi que Dœbereiner l'avait du reste déjà indiqué (p. 9), d'autres bières qui cependant sont bonnes.

Je pense que l'on ferait une œuvre essentiellement utile si l'on favorisait la fabrication de pareils succédanés de la bière, et que le gouvernement ferait bien de l'encourager sous tous les rapports.

Je ne les désigne pas sous le nom de bières et je renverrai à cet égard à ce que j'ai dit p. 10. Mais ce sont des boissons saines et d'un goût agréable qui, toutefois, contiennent moins de substances nutritives que la bière proprement dite.

APPENDICE.

I. — SUR LA COMPOSITION DU MALT, COMPARÉE A CELLE DE L'ORGE CRUE ET DES RÉSIDUS DES TREMPES (1)

Par M. le professeur STEIN

de Dresde

(EXTRAIT)

SUIVI D'UNE NOTE DE M. OUDEMANS

Sous le nom de malt, nous désignerons dans ce qui va suivre le malt privé de germes, à moins que le contraire ne soit expressément indiqué. Le malt desséché à l'air et le malt desséché artificiellement ou touraillé ont été préparés au moyen du malt vert et les résidus ont été préparés au moyen des malts respectifs. Dans le cas où, pour avoir un point de comparaison, la matière analysée a été différente, ce fait a été l'objet d'une mention spéciale. Dans toutes les expériences, l'orge et le malt que l'on a employés, n'avaient pas été préalablement réduits à l'état de farine, mais ils avaient été broyés autant que possible dans une capsule. La dessiccation a été opérée à 100° dans un courant d'air. M. Stein considère ce mode de dessiccation comme préférable à la méthode suivie par M. Oudemans qui a desséché toutes ces substances à 120° et à 140°. Dans le but de comparer les résultats, M. Stein a desséché aussi quelques substances à 140°, et il a trouvé que l'on ne devait pas opérer la dessiccation à une température aussi élevée, parce qu'il se produisait une décomposition partielle de la substance et que l'on devait obtenir un résultat plus exact en laissant dans la substance un peu d'humidité.

La plupart des expériences citées dans les recherches de M. Stein, ont été faites par M. Müller dans le laboratoire de M. Stein.

(1) *Polytechn. Central Blatt.*, 1860, p. 480-518. — *Chemisches Central Blatt*, 1860, p. 450-471.

1° *Détermination de la quantité des germes.*

Le malt touraillé a fourni 2,5 pour 100 et le malt desséché à l'air 3,59 pour 100 de germes (les germes étaient 1 fois $^1/_2$ aussi longs que le grain). Mulder avait trouvé 3, Schubarth $3^1/_2$ et Knapp 3 pour 100.

Toutefois, pour déterminer, suivant M. Stein, la perte réelle de substance qui se produit par la germination, on doit prendre pour point de départ du calcul la substance à l'état sec ; en effet l'état d'humidité du grain et du germe est différent, ainsi que le prouvent les expériences suivantes :

Un malt privé de ses germes (novembre 1859) a subi par la dessiccation une perte de 11,790 pour 100, tandis que les germes de ce malt ont subi une perte de 10,510 d'eau.

100 de malt complétement desséché contiennent, d'après cela, 3,64 de germes complétement secs.

Nous ferons remarquer ici que les résultats doivent nécessairement varier suivant que les germes ont atteint une longueur plus ou moins grande.

2° *Dosage de l'eau.*

Par différentes déterminations de la quantité d'eau contenue dans l'orge, dont les unes ont été effectuées sur de l'orge prélevée directement sur un gros tas et les autres sur de l'orge qui avait séjourné plus ou moins longtemps au contact de l'air dans une chambre chauffée, M. Stein a obtenu pour la quantité d'eau les résultats suivants :

	D'après Stein.	D'après Oudemans.
Orge crue.....	10,517 à 14,745 %	18,1 %
Malt desséché à l'air.....	11,336 à 14,254	16,1
Malt touraillé.....	6,509 à 7,320	8,2 à 11,1
Germes de malt desséché à l'air.....	10,330 à 10,510	
Malt vert.....	45,387 à 50,800	

3° *Dosage de la matière grasse.*

Pour opérer la détermination de la matière grasse, on a fait bouillir d'abord les substances avec de l'éther, puis avec de l'alcool et enfin encore une fois avec de l'éther ; ces dosages

ont été opérés souvent sur des substances préalablement desséchées à l'air; mais chaque fois, après les avoir fait complétement dessécher, on a dissous de nouveau dans l'éther anhydre toutes les portions de matière grasse obtenues : on a évaporé de nouveau les dissolutions préalablement filtrées et on a considéré le poids du résidu comme étant de la matière grasse pure. En opérant ainsi, on a obtenu pour la quantité de matière grasse contenue dans 100 parties de substance anhydre les résultats suivants :

ORGE.	MALT DESSÉCHÉ A L'AIR.		MALT TOURAILLÉ.		
	Avec germes.	Sans germes.	Avec germes.	Sans germes.	
3,556	3,072	2,824	3,473	3,379	suivant Stein.
2,5		2,1		2,6	suivant Oudemans

Bien que les nombres de M. Stein et ceux de M. Oudemans présentent des différences assez notables, leur comparaison respective vient confirmer le fait énoncé par M. Mulder que la matière grasse diminue par la germination.

Néanmoins, pour que la comparaison soit exacte, il faut tenir compte de la perte de substance qui se produit par la germination : en effet, pour obtenir 100 parties de malt, 100 parties d'orge ne sont pas suffisantes. Si l'on admet la perte comme étant égal à 8 pour 100, ainsi qu'on le fait ordinairement pour le malt privé de ses germes et bien sec, on trouve que l'on doit comparer 92 de malt avec 100 d'orge : ce qui donne les nombres suivants :

Orge.	Malt desséché à l'air.	Malt touraillé.	
3,556	2,598	3,028	suivant Stein.
2,5	1,932	2,392	suivant Oudemans.

Pour le malt muni de ses germes, on obtient, en admettant une perte de 5 pour 100.

Orge.	Malt desséché à l'air.	Malt touraillé.
3,556	2,918	3,301

Ces différences sont assez grandes pour ne plus laisser aucun doute sur la diminution de la matière grasse qui se produit par la germination. Signalons ici un fait qui mérite bien de frapper notre attention, c'est que les nombres trouvés par M. Stein aussi bien que ceux trouvés par M. Oudemans, nous

montrent que la proportion de matière grasse est plus grande dans le malt touraillé que dans le malt séché à l'air, ce qui paraît devoir être attribué à une oxydation de l'acide oléique. C'est de la décomposition de l'acide oléique qui est combiné avec les substances protéiques existant dans le malt que doit provenir indubitablement l'odeur particulière qui se fait sentir lorsqu'on dessèche le malt sur la touraille; l'odeur du malt vert provient d'une substance tout autre. Les extraits alcooliques et aqueux dont on a séparé la matière grasse, développent une odeur qui n'est pas aussi pénétrante et qui n'est pas non plus de la même nature que celle du malt pendant le touraillage. Mais si, après avoir ajouté à ces extraits l'extrait obtenu au moyen de l'éther, on chauffe le tout, l'odeur se produit même à une basse température comme cela a lieu lorsqu'on n'a pas ajouté de matière grasse, et elle a de l'analogie avec celle du malt touraillé.

La matière grasse de l'orge, de même que celle du malt, présente à la température ordinaire la consistance de la poix : mais, après un repos suffisamment prolongé, il s'en sépare une matière grasse, solide, grenue, et en même temps le reste devient plus liquide. La quantité de la matière solide qui se sépare de la matière grasse provenant du malt, paraît du reste être plus grande que celle qui se sépare de la matière grasse provenant de l'orge.

La matière grasse est ordinairement d'une couleur jaune brunâtre, un peu plus foncée pour la matière grasse provenant du malt, un peu plus claire pour la matière grasse provenant de l'orge. La matière grasse provenant de l'orge présente souvent la coloration jaune rougeâtre de l'huile d'œufs à un tel point qu'on pourrait les confondre. Faisons toutefois remarquer ici que, en traitant à froid le malt par déplacement, M. Stein a retiré quelquefois des premières dissolutions une matière grasse verdâtre; les portions suivantes étaient jaune brunâtre et les dernières jaune pur.

Les deux matières grasses présentent une odeur à peu près identique, aigrelette, qui leur est particulière et qui est moins forte pour la matière grasse de l'orge que pour la matière grasse du malt : il n'en est du reste ainsi que pour le malt desséché à l'air. Le malt vert fournit une matière grasse, d'une odeur spéciale, presque insupportable. L'odeur de la

matière grasse de l'orge nouvellement préparée présente surtout de l'analogie avec celle des tas d'orge que l'on réchauffe avec de l'eau. De plus, en chauffant avec de l'eau la matière grasse du malt, M. Stein a observé une odeur qui ressemble très-nettement à celle de l'éther butyrique.

Les deux matières grasses sont en grande partie solubles dans l'alcool à 98 pour 100. La matière grasse de l'orge crue a laissé dans une expérience un résidu insoluble, s'élevant à 11,3 pour 100, et la matière grasse du malt, un résidu s'élevant à 5,3 pour 100. Ces deux matières grasses renferment des acides gras libres tant solides que liquides.

La grande ressemblance de la matière grasse de l'orge crue avec l'huile d'œufs avait fait présumer à M. Stein, avant qu'il connût la découverte de Knapp, que leurs parties constituantes étaient les mêmes. L'expérience lui a appris qu'il existait en effet du phosphore et de l'azote dans les matières grasses de l'orge crue et du malt. Pour reconnaître ce fait, il traitait la matière grasse par l'alcool à 98 pour 100, précipitait la dissolution par une dissolution alcoolique d'acétate de plomb, lavait le précipité avec de l'éther, décomposait par l'acide chlorhydrique le précipité ainsi lavé, extrayait les acides gras au moyen de l'éther, faisait évaporer jusqu'à siccité, dissolvait de nouveau dans l'éther, évaporait encore une fois et recherchait alors le phosphore et l'azote. Cela nous montre du moins, d'une manière aussi claire que possible, que, si le phosphore et l'azote ne sont pas des parties constituantes essentielles de la matière grasse, la substance protéique à laquelle ils appartiennent, retient très-fortement cette matière grasse.

Les résultats trouvés par M. Stein sont réunis dans le tableau suivant dans lequel la colonne I exprime les quantités de matière grasse fournies par toutes les substances soumises à l'analyse, et la colonne II les résultats fournis par la quantité de ces substances provenant de 100 parties d'orge. Les nombres sont rapportés à 100 parties de la substance sèche.

	I		II
Orge	3,556		3,556
Malt desséché à l'air avec germes.	3,072	sur 95 parties	2,918
— sans germes.	2,824	» 92 »	2,598

Malt touraillé avec germes.....	3,475	»	95	»	3,301
— sans germes.....	3,379	»	92	»	3,208
Germes.....	3,179 à 3,212	»	3,5	»	0,0109
Résidus de malt desséché à l'air.	6,187	»	92	»	1,616
Résidus de malt touraillé.....	5,451	»	92	»	1,424

Oudemans, en ramenant, par le calcul, la quantité de matière grasse contenue dans la drêche à ce qu'elle serait pour la substance anhydre, a obtenu

Pour le malt touraillé ordinaire	1,9 pour 100.
— plus fortement touraillé.	1,5
— fortement touraillé.....	1,8
— très-fortement touraillé..	1,7

S'il n'y a pas là une erreur, la méthode de préparation du moût qui a fourni à M. Mulder ces résultats, doit, suivant M. Stein, être considérée comme tout à fait propre à épuiser le malt : en effet les résidus que ce dernier a obtenus même après une digestion de 24 heures, ainsi que ceux tirés des brasseries allemandes, contiennent toujours une quantité de matière grasse plus grande que le malt, ce qui du reste s'accorde avec ce fait constaté par l'expérience que les enveloppes des céréales renferment des quantités de matière grasse plus grandes que le noyau même du grain.

Pour apprécier la quantité de la matière grasse du malt qui passe dans le moût, on doit comparer la quantité de matière grasse contenue dans 100 parties de malt avec la quantité de matière grasse contenue dans les résidus de ce même malt. En opérant tant sur des malts desséchés à l'air que sur des malts touraillés, on a obtenu, comme cela sera indiqué plus loin, une quantité de résidus, complétement secs, contenant encore la matière grasse dont la quantité s'élevait à 28,4 pour 100 de la substance anhydre qui, par suite des résultats obtenus, fournissent :

Pour le malt séché à l'air.....	1,757 pour 100 de matière grasse,	
et pour le malt touraillé.....	1,548 —	—

Il résulte de là que, lorsque l'extraction est tout à fait complète, la moitié environ de la matière grasse passe dans le moût.

4° *Détermination de la quantité des résidus.*

C'est un fait bien connu que les résidus des brasseries ne sont généralement pas épuisés d'une manière complète, mais contiennent encore de l'amidon. M. Stein les a obtenus avec l'orge crue ou avec le malt, soit en les faisant digérer avec de l'eau, soit en préparant à une température de 60° à 70° une infusion filtrée de malt et en laissant chaque fois les matières en contact pendant assez longtemps (ordinairement 24 heures) pour que la présence de l'amidon n'y fût plus indiquée par l'iode. On opérait ainsi d'une part pour pouvoir comparer les résultats avec ceux qui proviennent des brasseries et d'autre part pour pouvoir déterminer ultérieurement la quantité de substances cellulaires contenue dans les résidus.

On obtient ainsi les résultats suivants :

PREMIER ESSAI.

100 d'orge.	Malt à l'air.	Malt touraillé.	Germes.
29,164	26,277	—	52,082

DEUXIÈME ESSAI.

30,200 / 29,442	29,821	26,650	26,850	—

de résidus exempts de matière grasse.

100 parties de malt desséché à l'air sont formées de 3,64 de germes et de 96,36 d'orge : les germes donnent, d'après ce que nous venons de voir, 1,895 de résidus : l'orge fournit, d'après le deuxième essai, 25,679 : 100 parties de malt avec germes donneront donc 25,574 de résidus. En admettant que 100 parties d'orge crue produisent 95 de malt avec germes, la quantité de résidus provenant de 100 parties d'orge serait de 26,195. La diminution du résidu par le maltage est donc un fait indiscutable.

D'après les expériences de Steinheil, la quantité de résidus que laisse en grand le malt touraillé, varie entre 33 et 38 pour 100. Si l'on compare avec ce résultat la quantité que l'on a indiquée précédemment pour les résidus contenant encore de la matière grasse et qui est de 26,332 pour 100 de malt touraillé hydraté, on en conclut que 7 à 12 pour 100 du poids du malt sont perdus par le brassage. Knapp indique que l'on trouve de 4 à 8 pour 100 d'amidon dans les résidus :

il doit donc, dans une extraction complète, se dissoudre encore une autre matière, azotée ou non, qui n'est pas susceptible de se transformer en sucre.

Les brasseurs pourraient éviter cette perte en continuant l'extraction plus longtemps qu'à l'ordinaire : mais il en est à peine besoin. En effet il n'y a pas de perte réelle, puisque les résidus des brasseries constituent un excellent aliment pour le bétail et que leurs principes utiles peuvent ainsi être transformés en chair et en graisse.

5° *Dosage du sucre.*

Dans les analyses anciennes des grains, on a souvent indiqué le sucre comme matière constituante du grain. Mais des recherches plus récentes ont démontré qu'il n'existe pas de sucre dans les grains à l'état sain. Dans un ouvrage récent (1), de Bibra s'appuie sur des expériences qu'il a faites pour admettre la préexistence du sucre dans le grain de froment, et dans le seigle, l'orge et l'avoine, du moins lorsqu'ils sont à l'état de farine ; Mulder au contraire n'a pas trouvé de sucre dans les mêmes sortes de grains. Avec un extrait aqueux d'orge, Stein n'a observé aucune réduction du cuivre à froid au bout de 24 heures ; mais il a observé une faible réduction en faisant bouillir. D'autre part, il paraît trop naturel d'admettre qu'il existe du sucre dans le malt pour que l'on puisse en douter de prime abord. Mulder indique en effet le sucre, bien qu'en très-petite quantité, comme partie constituante du malt analysé par Oudemans. Stein croit cependant être sûr qu'il ne s'en trouve ordinairement dans le malt, ni après sa dessiccation à l'air, ni après sa dessiccation au moyen de la chaleur artificielle, mais que le sucre se produit seulement dans les expériences au moyen desquelles on opère son dosage. Pour éviter sa production, il a cherché à annihiler de différentes manières l'action de la diastase.

Dans ce but, il a fait bouillir le malt vert, le malt desséché à l'air et le malt touraillé, avec de l'alcool à 90 pour 100. La liqueur alcoolique a été additionnée aussitôt de la dissolution d'oxyde de cuivre et d'un excès de soude caustique :

(1) *Die Getreidearten und das Brod*, Nüremberg, 1860.

au bout de plusieurs jours, aucune réduction n'a pu être observée. Pour être sûr que l'alcool n'empêchait pas la réduction, Stein a dissous dans l'alcool une petite quantité de sucre incristallisable, puis il a traité la dissolution de la même manière qu'auparavant. La réduction a eu lieu dans ce cas au bout d'un temps très-court.

On a mélangé une partie de la teinture alcoolique de malt avec une dissolution de soude caustique ; on a évaporé jusqu'à ce que tout l'alcool se soit volatilisé et on a ajouté la dissolution cuivrique d'épreuve. Il ne s'est opéré non plus dans ce cas aucune réduction.

On a évaporé rapidement jusqu'à siccité une troisième partie de la dissolution alcoolique du malt : on a dissous dans l'eau le résidu dans lequel on a reconnu la présence de l'azote, et on a traité cette dissolution par la soude caustique et la dissolution cuivrique, en opérant précisément comme l'avait fait Oudemans. On a obtenu ainsi une réduction, ce qui a donné la preuve que la substance azotée qui passe dans la dissolution alcoolique, est indubitablement apte à transformer en sucre pendant l'évaporation la dextrine qui s'est dissoute en même temps.

Enfin Stein a traité le malt par une dissolution d'acétate de bi-oxyde de mercure, espérant rendre ainsi la diastase inactive. Dans cette dissolution, il a précipité le mercure par l'hydrogène sulfuré ; il a séparé ensuite l'hydrogène sulfuré au moyen de l'oxyde de plomb, et il a effectué immédiatement l'essai au moyen du réactif de Trommer. Dans quelques cas, on n'a pas observé de sucre : dans d'autres au contraire, on en a reconnu une trace. Nous devons du reste faire observer ici que, bien que l'on eût employé le sel de mercure, la dissolution n'était nullement exempte de principes azotés. Si l'on n'a pas trouvé de sucre dans le malt, cela vient ou de ce qu'il ne s'en est pas produit par la germination, ou bien de ce que le sucre qui a pu se produire, s'est décomposé pendant le cours même de la germination. Dans cette dernière supposition, il est bien concevable que, dans un cas, on peut trouver du sucre, tandis que, dans un autre cas, on ne peut pas reconnaître qu'il s'en est produit. Ce fait même qu'il ne se produit pas de sucre par la dessiccation du malt, indique du reste, suivant Stein, que la production du sucre exige une quantité d'eau plus grande qu'il

n'en existe dans le malt et rend probable que, pendant la germination, il ne se produit pas de sucre. La saveur douce du malt s'explique donc d'une manière analogue à la saveur amère des amandes amères. Au point de vue pratique, il importe peu du reste qu'il y ait ou non production de sucre dans le maltage.

6° *Dosage des cendres.*

Les analyses de Stein ont fourni pour la détermination des cendres les résultats suivants :

	I		II
Orge crue	2,421		
Malt desséché à l'air sans germes	2,291		
Malt desséché à l'air avec germes	2,543	sur 95 parties.	2,415
Germes	9,425	— 3,64 —	0,336
Résidus d'orge crue	3,035	— 29,821 —	0,905
Résidus de malt desséché à l'air	3,365	— 26,650 —	0,896
Résidus de germes	2,687	— 52,082 —	1,399

7° *Détermination de la quantité totale des substances protéiques.*

La quantité des substances protéiques a été calculée d'après le rapport de 15,66 à 100 de la quantité d'azote, et cette dernière a été trouvée par la combustion avec la chaux sodée. On a obtenu ainsi les résultats suivants :

	I		II	
Orge crue	en 100 p.	12,764	en 100 p.	12,196
Malt desséché à l'air sans germes	— 100	12,298	— 100	11,698
— — avec germes	— 100	—	— 100	12,686
			— 95	12,051
Malt touraillé	— 100		— 100	11,756
Germes	— 100		— 100	30,613
Résidus d'orge crue avec matière grasse	— 100		— 100	29,054
			31,220	9,181
Résidus d'orge crue sans matière grasse	— 100	26,909		
	— 29,164	7,818		
Résidus de malt desséché à l'air avec matière grasse	— 100		— 100	24,973
			— 28,407	7,094

Résidus de malt desséché à l'air sans matière grasse.....	— 100	19,070		
	— 26,277	5,009		
Résidus de malt touraillé avec matière grasse.....	— 100		— 100	24,579
			— 28,408	6,982

La comparaison de ces nombres ne nous conduit pas à une diminution de la substance protéique par la germination assez nette pour qu'on puisse la considérer comme hors de doute. Les nombres ne diffèrent que peu, mais comme ils proviennent de la multiplication des chiffres de l'azote trouvés par les expériences, il en résulte que les erreurs de l'observation ont été aussi multipliées et que les différences qui existent en réalité, sont devenues plus fortes ou plus faibles dans la même proportion. On peut cependant admettre comme exacte l'hypothèse qu'il doit y avoir diminution. Cette hypothèse ne paraît du reste nullement en opposition avec les nombres que Oudemans a indiqués pour le froment et pour l'avoine.

		Grain cru.		Malt.
Froment.....	en 100 parties.	13,9	en 95 parties.	13,775
	en 100 parties.	14,0	en 95 parties.	14,345

et elle est confirmée par les nombres qu'il a trouvés pour le malt touraillé. On doit être ainsi d'autant plus certain que le chiffre indiqué par ce chimiste pour le malt desséché à l'air ne peut pas être exact. Or, comme M. Mulder admet qu'un accroissement de la substance protéique est impossible, on conçoit difficilement, suivant M. Stein, comment il a toujours pris pour termes de comparaison des grandeurs qui ne sont rigoureusement pas comparables, et notamment des poids égaux d'orge crue et de malt. Cela ne lui paraît pas pouvoir être admis même lorsqu'on se propose d'étudier simplement au point de vue purement technique, les phénomènes du maltage, du moins lorsqu'on veut des nombres obtenus tirer des conclusions générales. Il importe avant tout d'établir d'une manière positive la perte de substance qui a lieu dans la germination : cette détermination n'a pas encore été faite d'une manière assez précise pour servir comme base à l'explication des questions physiologiques.

8° *Détermination de la quantité d'extrait alcoolique et d'extrait aqueux.*

Les parties constituantes de l'orge qui sont solubles dans l'eau, peuvent en être extraites directement : il n'est en effet nullement à craindre qu'une production de dextrine ou de sucre ait lieu pendant le traitement. Si l'on veut au contraire déterminer la quantité des substances solubles dans l'eau qui existent dans le malt, il est nécessaire d'enrayer ou de paralyser d'une manière quelconque l'action de la diastase.

Pour y arriver, M. Stein traitait le malt par la dissolution d'acétate de bi-oxyde de mercure déjà indiquée : il précipitait le mercure par l'hydrogène sulfuré ; puis il filtrait la liqueur sur du charbon et évaporait la liqueur filtrée. L'extrait qu'il a obtenu ainsi s'est élevé, dans un cas, à 10,654 pour 100, dans un autre à 11,640 pour 100 et en moyenne à 11,147 pour 100 de la substance hydratée.

Mais cette méthode était très-compliquée ; aussi M. Stein a-t-il considéré comme préférable d'employer un autre procédé. Il avait observé que, par une longue ébullition (de une à deux heures) avec l'alcool, le malt pouvait être modifié de telle manière que, non-seulement il se laissait plus facilement épuiser par l'eau et fournissait plus promptement une liqueur filtrée qui fût claire, mais, de plus, que lorsqu'on opérait ainsi avec rapidité, on ne pouvait pas trouver de sucre dans la dissolution immédiatement après sa préparation. La plus grande partie de la diastase est enlevée par l'alcool ainsi que M. Stein l'a reconnu par l'expérience. M. Stein faisait donc bouillir le malt, en exceptant cependant le malt vert, avec de l'alcool, après en avoir, dans la plupart des cas, séparé préalablement la plus grande partie de la matière grasse au moyen de l'éther, puis il l'épuisait à froid par l'eau. Les dissolutions alcooliques étaient filtrées encore bouillantes, de manière à éviter que la glutine, qui est soluble dans l'alcool bouillant, ne pût se séparer avant la filtration. L'extrait alcoolique se dissolvait du reste dans l'eau, en laissant seulement pour résidu insoluble la matière grasse et la petite quantité de substances protéiques qui était devenue insoluble pendant l'évaporation, en sorte qu'on pouvait la considérer comme étant uniquement un extrait aqueux. L'extraction par l'alcool bouillant était continuée

chaque fois avec de nouvelles portions jusqu'à ce que, par l'évaporation sur une feuille de platine, l'alcool ne laissât plus aucun résidu. L'extraction au moyen de l'eau froide a été opérée de la même manière.

La détermination des quantités d'extrait vient nous guider dans l'appréciation des transformations assurément importantes, que l'orge éprouve par le maltage. Cette détermination a donné à M. Stein les résultats suivants.

ORGE CRUE 100 parties.	Malt vert.	Malt séché à l'air.	Malt touraillé.	Germes.	RÉSIDUS de malt séché à l'air.	RÉSIDUS de malt touraillé.
EXTRAIT ALCOOLIQUE EXEMPT DE MATIÈRES GRASSES.						
1,236	4,080	4,662	5,078	18,912	0,417	0,365 | 0,765
EXTRAIT AQUEUX.						
8,410 / 8,954 / 8,600 } 8,654	10,170	9,028	9,780	15,970		
SOMME DES DEUX PRÉCÉDENTS.						
9,890	14,250	13,690	14,858	34,882		
SUIVANT OUDEMANS. — EXTRAIT ALCOOLIQUE.						
0,8		4,4	4,6			
EXTRAIT AQUEUX.						
8,5		13,5	18,8			

M. Oudemans, ainsi que cela résulte des indications de M. Mulder, a obtenu dans tous les cas son extrait aqueux sans traiter préalablement la matière par l'alcool : ses nombres doivent donc, en ce qui concerne le malt, être comparés avec la somme des nombres obtenus par M. Stein pour l'extrait alcoolique et pour l'extrait aqueux (en laissant de côté la petite quantité de glutine qui a été dissoute) : ses résultats s'accordent alors très-bien avec ceux de M. Stein en ce qui concerne l'extrait alcoolique et en ce qui concerne l'extrait aqueux, excepté pour le malt touraillé. Comme cette concordance constate une uniformité vraiment remarquable,

dans la marche du maltage, dans des localités entièrement différentes, à des époques différentes et en opérant sur des matières différentes, on peut considérer les résultats obtenus comme définitifs et les prendre comme point de départ pour émettre un jugement sur les phénomènes du maltage au point de vue pratique. Dans la méthode suivie par M. Stein, on voit nettement que les parties constituantes de l'orge qui sont seulement solubles dans l'eau, bien que la qualité du grain soit différente, n'éprouvent par le maltage qu'une bien faible modification de quantité, même lorsqu'on a desséché le malt sur la touraille. D'autre part, au contraire, la différence entre l'orge crue et le malt, en ce qui concerne la proportion de principes solubles dans l'alcool, est assez notable, pour être l'indice d'une modification très-importante subie par l'orge dans le maltage. Elle fournit donc un moyen excellent et plus facile que ceux employés actuellement, pour juger de la qualité d'un malt : en effet un bon malt doit donner au moins 4 pour 100 d'extrait. On peut, avec une bonne balance, opérer cette détermination sur 5 grammes de malt.

Une différence importante au point de vue pratique entre le malt vert et le malt desséché à l'air d'une part et le malt touraillé d'autre part, que les résultats précédents n'indiquent pas, consiste notoirement dans la manière dont ils se comportent lorsqu'on les épuise par l'eau : le malt vert et le malt desséché à l'air donnent une liqueur qui filtre très-difficilement et qui ne peut être obtenue claire qu'avec difficulté, tandis que le malt touraillé fournit une liqueur qui filtre bien plus facilement et que l'on peut aisément obtenir claire. Ce phénomène paraît venir uniquement de ce que les substances protéiques insolubles sont devenues plus denses par une plus forte dessiccation et ont ainsi perdu la faculté de rester en suspension dans le moût. Une autre différence qui distingue ces deux sortes de malt, réside dans la faculté que possède le malt desséché à l'air d'opérer la transformation d'une plus grande quantité d'amidon : elle peut s'expliquer par cette circonstance, qu'une partie de la diastase est décomposée ou devient inactive par la dessiccation à la touraille.

L'examen de la nature des deux extraits ne nous fournit que peu d'observations qui permettent de tirer des conclusions certaines sur les principes particuliers qu'ils renferment. Exté-

rieurement, tous deux se ressemblent : ils sont tous deux amorphes et colorés en jaune brun. Ils présentent tous deux une réaction acide et ne sont plus complétement solubles dans leurs agents de dissolution primitifs. L'extrait aqueux possède une odeur de croûte de pain frais que l'on ne peut pas observer au même degré dans l'extrait alcoolique ; ce dernier, lorsqu'il contient encore la matière grasse, présente à un degré tout à fait remarquable l'odeur du malt touraillé encore chaud. Stein a fait en outre des expériences avec ces deux extraits dans le but de comparer la faculté transformatrice qu'ils exercent sur l'amidon. Il résulte de ces expériences que l'extrait alcoolique de malt desséché à l'air possède cette faculté à un degré bien plus élevé que l'extrait aqueux préparé à la température ordinaire avec le même malt préalablement traité par l'alcool à 60° ou 70°. L'extrait aqueux préparé avec l'orge crue que l'on n'avait pas traitée préalablement par l'alcool, possédait cette faculté à un degré à peine sensible.

Bien que M. Stein ait fait ces expériences sans se servir de la balance, elles ne démontrent pas moins, suivant lui, d'une manière positive que la substance albumineuse, désignée sous le nom de diastase, est dissoute en quantité notable par l'alcool concentré et ne peut exister dans l'orge qu'en très-petite quantité.

9° *Dosage des substances protéiques solubles dans l'eau et dans l'alcool.*

L'action principale du maltage, en faisant abstraction de l'humectation des parties, est assurément de rendre soluble une portion des substances protéiques insolubles et de les modifier de telle manière qu'elles deviennent susceptibles, en présence d'une quantité d'eau suffisante, de métamorphoser l'amidon en dextrine et en sucre. Aussi a-t-il paru important à M. Stein de doser les substances protéiques solubles de l'orge et du malt afin de pouvoir se rendre compte des modifications qu'apporte le maltage dans la proportion de ces substances. M. Stein a préparé dans ce but avec le malt de grandes quantités d'extrait alcoolique et d'extrait aqueux et il a déterminé leur proportion d'azote. Avec l'orge crue,

il a paru plus avantageux à M. Stein de la traiter immédiatement par l'eau, de déterminer la proportion d'azote du résidu insoluble, et de déduire ensuite par le calcul la proportion de la substance protéique dissoute.

M. Stein a obtenu ainsi les résultats suivants.

	100 d'orge crue.	MALT DESSÉCHÉ A L'AIR.		Malt tourrillé.	Germes.
		sans germes.	avec germes.		
Substances protéiques dissoutes par l'alcool.....	—	0,662	—	0,437	—
Substances protéiques dissoutes par l'eau.....	—	1,469	—	1,548	—
Somme des substances protéiques solubles.....	1,258	2,131	2,630 en 95 parties. 2,498	1,985	15,875
Substances protéiques insolubles.....	10,938	9,567 en 95 parties. 8,801	—	9,771	14,738

Les quantités de substances protéiques solubles et insolubles des germes ont été calculées de la manière suivante :

1	0,324	de résidus secs de germes,	ont donné	0,0142	d'azote.
2	0,228	— —	—	0,0096	—

On déduit de là 27,452 pour 100 de substances protéiques dans les résidus des germes. Les germes fournissaient 53,688 de résidus. La quantité de substances protéiques insolubles contenue dans ces germes serait donc de 14,738 pour 100. On a trouvé pour la quantité totale 30,613 ; il reste donc 15,875 pour les substances protéiques solubles. Bien que ce mode d'opérer ne soit peut-être pas entièrement exact, M. Stein a pensé qu'il pouvait l'employer pour déterminer la proportion des substances protéiques solubles du malt avec germes. Dans 3,64 de germes, il existe 0,577 de ces substances : dans 96,36 de malt, il existe 2,053 des mêmes substances et, par conséquent, sur 100 de malt avec germes, il s'en trouve 2,630 et sur 95 parties de ce malt, il s'en trouve 2,478 pour 100.

10° *Dosage de la substance des enveloppes et de la substance cellulaire.*

Les méthodes que nous possédons pour doser la substance cellulaire dans les plantes, sont notoirement moins sûres que les méthodes relatives au dosage des substances protéiques, par ce motif qu'elles s'appuient sur l'hypothèse que la cellulose n'est pas modifiée par les acides, ni par les alcalis, ce que l'expérience est loin de confirmer. C'est en partant de cette hypothèse que Oudemans a traité les matières en expérience, comme Poggiale l'avait fait dans ses recherches sur le son, d'abord par une infusion de malt, puis successivement par une dissolution étendue de potasse, par l'eau chaude, par l'acide acétique étendu et enfin par l'éther et l'alcool. M. Stein a traité par cette méthode, en apparence très-convenable, les résidus obtenus de la manière que nous avons indiquée précédemment, en tenant compte des observations faites récemment par M. de Bibra, et il a obtenu les résultats suivants :

1° Les résidus de malt desséché à l'air (desséchés à 100°), ont donné en moyenne 29,71 pour 100 de substance cellulaire. On en déduit par le calcul pour la quantité de la substance cellulaire du malt (à 26,650 pour 100, moyenne des chiffres fournis précédemment par le second essai) 7,916 pour 100 ; Oudemans a trouvé 13,9 pour 100.

2° Les résidus de malt touraillé (desséchés à 100°) ont donné en moyenne 30,18 pour 100 de cellulose dont on déduit pour le chiffre 26,850 donné pour les résidus de malt touraillé par les expériences précédentes, 8,105 pour 100.

3° Les germes hydratés ont fourni en moyenne 22,10 pour 100 de la substance hydratée et 23,03 pour 100 de la substance anhydre.

M. Stein ne considère pas les résultats précédents comme exacts et fait remarquer à ce sujet que les matières ainsi obtenues et considérées comme substance cellulaire, contiennent toutes sans exception de l'azote. Pour arriver à une détermination réelle de la quantité de substance cellulaire contenue dans les plantes, il est nécessaire de chercher d'autres modes de dosage que ceux qui sont actuellement en usage.

Sans s'arrêter à contrôler l'exactitude de la méthode proposée par Poggiale, M. Stein a voulu éviter entièrement de faire intervenir dans ses analyses les acides et les alcalis. Pour arriver à son but, il lui a paru parfaitement suffisant de doser la somme des matières non azotées qui ne peuvent pas se dissoudre dans les trempes, mais que l'on peut extraire au moyen de l'éther et de l'alcool et qui peuvent être réellement de la substance cellulaire, ou bien de la pectine ou toute autre matière. La quantité d'azote contenue dans les résidus obtenus de la manière qui a été indiquée, a donc été déterminée : on a déduit par le calcul la quantité de substance protéique correspondante, et lorsque cela était nécessaire, la matière grasse et l'extrait alcoolique, ainsi que les cendres, et le reste a été considéré comme de la substance cellulaire; on a obtenu ainsi les résultats suivants :

ORGE CRUE.

Premier essai. — 100 de résidus (dont on a préalablement séparé la matière grasse et l'extrait alcoolique) ont donné :

29,909	substance protéique.
3,035	cendres.
32,944	

d'où 100 — 32,944 = 70,056 de substance cellulaire. Dans cette orge, on avait trouvé 29,164 pour 100 de résidus dont la quantité de substance cellulaire s'élevait par suite à 20,4321.

Second essai. — 100 de résidus (qui contenaient encore la matière grasse et l'extrait alcoolique) ont donné :

29,054	substance protéique.
3,035	cendres.
5,695	matière grasse.
0,400	extrait alcoolique.
38,184	

d'où 100 — 38,184 = 61,816 de substance cellulaire. Cette orge avait fourni 31,220 pour 100 de résidus dont la quantité de substance cellulaire s'élevait par suite à 19,298 pour 100.

MALT DESSÉCHÉ A L'AIR.

Premier essai. — 100 parties de résidus (dont on avait séparé la matière grasse et l'extrait alcoolique) ont donné :

19,070	substance protéique.
3,363	cendres.
22,433	

d'où 100 — 22,433 = 77,567 de matière cellulaire. Ce malt desséché à l'air avait donné 26,277 de résidus dont la quantité de substance cellulaire s'élevait par suite à 20,872 pour 100.

Second essai. — 100 de résidus (qui contenaient encore la matière grasse et l'extrait alcoolique) ont donné :

24,973	substance protéique.
3,363	cendres.
6,187	matière grasse.
0,417	extrait alcoolique.
34,940	

d'où 100 — 34,940 = 65,060 de substance cellulaire. Ce malt desséché à l'air avait donné 28,407 pour 100 de résidus dont la quantité de substance cellulaire s'élevait par suite à 18,481 pour 100.

MALT TOURAILLÉ (PROVENANT DU MALT DESSÉCHÉ A L'AIR DU DEUXIÈME ESSAI).

100 parties de résidus (qui contenaient encore la matière grasse et l'extrait alcoolique) ont donné :

27,452	substance protéique.
2,687	cendres.
2,990	matière grasse.
0,400	extrait alcoolique.
33,529	

d'où 100 — 33,529 = 66,471 de substance cellulaire. Ces germes avaient donné 53,688 pour 100 de résidus dont la quantité de substance cellulaire s'élevait par suite à 35,686.

Les déterminations de la substance cellulaire conduisent donc aux résultats suivants :

	I	II
100 d'orge crue	20,431	19,298
Malt desséché à l'air sans germes	20,872	18,481
Malt desséché à l'air avec germes	21,420	19,106
Malt touraillé sans germes	—	18,817
Malt touraillé avec germes	—	19,430
Germes de malt desséché à l'air	—	35,686
95 *parties contiennent :*		
Malt desséché à l'air avec germes	20,340	18,150
Malt touraillé avec germes	—	18,458

Si, parmi les parties constituantes du grain, les unes ou les autres se changent en substance cellulaire et servent à former les cellules de la nouvelle plante qui se développe, il faut que la somme de cette nouvelle formation se retrouve dans la substance cellulaire de la plumule et dans celle de la radicule. En admettant que la quantité de substance cellulaire contenue dans les germes soit même plus considérable que la quantité trouvée par Scheven qui lui assigne une valeur égale à 28,5 pour 100, il s'ensuit que, dans 3,5 de germes, on n'a que 0,9 pour 100 : en y ajoutant 0,6 pour la plumule, ce qui n'est certainement pas un chiffre trop faible, on trouverait au plus en somme 1,5 pour 100 du malt avec germes à porter en compte comme augmentation de la substance cellulaire ; mais, suivant Mulder, cette augmentation doit s'élever à 4 pour 100 pour le malt desséché à l'air, ce qui paraît impossible. Une pareille augmentation de la substance cellulaire, bien qu'elle soit encore indiquée dans l'ouvrage de M. Mulder pour le malt provenant des autres grains, est, suivant M. Stein, en contradiction avec les nombres donnés par M. Mulder pour le malt touraillé : en effet, ce dernier ne paraît certainement pas devoir présenter une nouvelle diminution de sa cellulose s'élevant à presque 3,5 pour 100 par comparaison avec le malt desséché à l'air. Admettons ce dernier nombre comme terme de comparaison et faisons le calcul pour 95 parties de malt avec ses germes ; nous obtenons 9,975 pour la quantité de malt fournie par 100 d'orge avec 9,4 pour 100 de cellulose. L'augmentation réelle ne s'élève donc qu'à 0,575.

Les nombres que M. Stein a obtenus par le calcul, n'indiquent du reste aucune augmentation dans le deuxième essai ; ils indiquent plutôt une diminution de la substance cellu-

laire. Cette diminution prend un plus grand degré de probabilité par l'excès constant des résidus que fournit l'orge et qui ne vient pas seulement de la proportion plus forte des substances protéiques. Tout en admettant qu'on puisse fort bien penser que cette modification de la substance cellulaire qui se rapproche incontestablement de l'amidon par sa solubilité, disparaisse dans la germination et qu'il se produise à sa place dans les plumules et les radicules non pas un poids égal, mais un poids moindre de substances cellulaires, M. Stein ne considère pas le nombre trouvé pour la quantité des substances protéiques comme suffisamment précis pour pouvoir s'en servir comme base pour affirmer qu'il y a diminution dans la quantité de substance cellulaire. Il croit plutôt, en s'appuyant sur les mêmes raisons qui ont semblé rendre improbable une augmentation de la quantité des substances protéiques, que l'on peut considérer une diminution comme n'étant pas exacte, aussi longtemps du moins qu'une méthode positive indiquera pour le dosage direct de ces matières, un résultat tant soit peu contraire.

11° *Dosage des principes non azotés solubles.*

1° Principes solubles dans l'eau.

Il paraît entièrement admissible que, dans l'extrait aqueux de l'orge et du malt que l'on obtient après avoir fait subir à l'orge et au maltun traitement préalable par l'alcool, il n'existe en général, outre les substances protéiques solubles, que de la dextrine. On peut donc obtenir la quantité de la dextrine en retranchant la quantité des substances protéiques de la quantité de l'extrait aqueux : toutefois le résultat n'est pas absolument exact, d'une part, parce que l'alcool peut dissoudre une portion de la dextrine et, d'autre part, parce qu'on ne peut pas nier que, outre la dextrine, l'extrait aqueux contienne d'autres principes tant organiques qu'inorganiques. Mais comme toutes les autres méthodes connues actuellement ne permettent d'obtenir que des résultats approximatifs, M. Stein s'est arrêté au mode indiqué comme étant le plus simple, et il a obtenu ainsi les résultats suivants :

ORGE.

100 d'orge crue ont donné 8,654 d'extrait aqueux. Si on

retranche de ce nombre celui de l'extrait alcoolique, dont on a déduit 0,34 de glutine, qui est 0,896, il reste 7,758 dont on doit retrancher 1,258 de substance protéique : il reste alors pour la dextrine 6,500. Par la détermination directe, Oudemans a trouvé 5,5 pour 100 et Polson 4,8 pour 100.

MALT DESSÉCHÉ A L'AIR.

100 de malt desséché à l'air ont donné 9,028 d'extrait aqueux dans lequel il y avait 1,469 de substances protéiques : il reste donc pour la matière non azotée 7,559 pour 100. Suivant M. Oudemans, il existe dans le malt desséché à l'air 7,7 pour 100 de dextrine.

MALT TOURAILLÉ.

100 de malt touraillé ont donné 9,780 d'extrait aqueux qui contenait 1,548 de substance protéique. Il reste donc pour la substance non azotée 8,232 : d'après Oudemans, le malt touraillé ne contiendrait que 6,5 pour 100 de dextrine : il en contiendrait donc moins que le malt desséché à l'air.

D'après M. Stein, il existerait donc en 100 parties :

Orge.....	6,5	de dextrine.
Malt desséché à l'air.....	7,559	—
Malt touraillé.....	8,232	—

Dans l'extrait alcoolique, on doit trouver évidemment, outre la dextrine, les substances extractives : M. Stein a cru devoir considérer comme telles les principes de l'extrait alcoolique dépouillé de la matière grasse, déduction faite des substances protéiques.

2° Principes solubles dans l'alcool.

ORGE.

En prenant comme point de départ le chiffre donné par M. Mulder pour la quantité de glutine dissoute, on trouve pour les principes non azotés solubles dans l'alcool :

$$1,236 - 0,340 = 0,896.$$

MALT DESSÉCHÉ A L'AIR.

100 parties de malt desséché à l'air ont fourni 3,563 d'extrait alcoolique. Si on en retranche 0,437 pour les substances protéiques, il reste pour les principes non azotés 4,000.

La quantité des matières extractives s'élève donc, en 100 parties, aux nombres suivants :

Orge	0,896
Malt desséché à l'air	4,000
Malt touraillé	4,654

La quantité des matières que M. Stein appelle matières extractives et que M. Mulder nomme matières indéterminées, s'élève, suivant ce dernier, aux nombres suivants :

Orge	2,2
Malt desséché à l'air	3,3
Malt touraillé	9,7 pour 100.

12° *Dosage de l'amidon.*

Lorsqu'on détermine la quantité d'amidon à la manière ordinaire au moyen de l'acide sulfurique, on doit trouver un nombre trop élevé ; on sait, en effet, qu'une portion de la substance cellulaire est transformée en sucre. Par cette raison, M. Stein a préféré déterminer la quantité d'amidon par le calcul : il est évident en effet que, en opérant ainsi, dès que l'on a dosé la dextrine, la matière grasse, les cendres, et les matières extractives, dans la substance anhydre, tant directement que par le calcul, la différence sur 100 parties peut être considérée comme représentant l'amidon.

Par ce procédé, on obtient les résultats suivants :

ORGE.

	I	II
Substances protéiques	12,764	12,196
Substance cellulaire	20,431	19,298
Dextrine	6,500	6,500
Matière grasse	3,556	3,556
Cendres	2,421	2,421
Matières extractives	0,896	0,896
	46,568	44,867
Amidon	53,432	55,133

MALT DESSÉCHÉ A L'AIR.

	I	II
Substances protéiques.....	12,298	11,698
Substance cellulaire.....	20,872	18,481
Dextrine.....	7,559	7,559
Matière grasse.....	2,922	2,922
Cendres.....	2,291	2,291
Matières extractives.....	4,000	4,000
	49,942	46,951
Amidon.....	50,058	53,049

MALT TOURAILLÉ.

Substances protéiques.....	11,756
Substance cellulaire.....	18,817
Dextrine.....	8,232
Matière grasse.....	3,379
Cendres.....	2,291
Matières extractives.....	4,654
	49,129
Amidon.....	50,871

On trouve donc dans 100 parties :

Orge.....	54,282	pour 100	en moyenne.
Malt desséché à l'air....	51,553	—	—
Malt touraillé.....	50,871	—	—

M. Stein n'a pas jugé nécessaire de ramener par le calcul les nombres à ce qu'ils seraient pour 92 parties du malt parce que, suivant lui, la comparaison des nombres trouvés pour 100 parties suffit parfaitement pour faire comprendre la marche du phénomène. Ces nombres paraissent *à priori* entièrement dignes de confiance et se rapprochent d'ailleurs davantage de la vérité que les nombres que l'on obtient par les méthodes ordinaires de dosage qui donnent généralement des chiffres trop élevés. M. Oudemans dit avoir obtenu pour l'amidon les résultats suivants :

100 d'orge.	Malt desséché à l'air.	Malt touraillé.
65,6	56,3	57,4

Lorsqu'on soustrait des chiffres trouvés par M. Stein pour

la substance cellulaire ceux qui ont été trouvés par M. Oudemans et lorsqu'on ajoute la différence aux chiffres trouvés par M. Stein pour l'amidon, on retombe presque sur les nombres trouvés par M. Oudemans pour l'amidon.

Orge.....	Substance cellulaire.	19,854 — 9,4	=10,454
	Amidon.....	54,282 + 10,454	=64,736
Malt desséché à l'air.	Substance cellulaire.	19,676 — 13,9	= 5,776
	Amidon.....	51,553 + 5,576	=57,129
Malt touraillé.....	Substance cellulaire.	18,817 — 10,5	= 8,317
	Amidon.....	50,871 + 8,317	=59,188

Suivant M. Stein, il ressort suffisamment de là que les chiffres donnés par M. Oudemans pour l'amidon sont d'autant plus élevés que les chiffres donnés par le même chimiste pour la substance cellulaire sont plus bas. Suivant M. Stein, l'augmentation de la substance cellulaire dans le malt desséché à l'air et sa diminution dans le malt touraillé s'explique ainsi d'elle-même; elle provient de l'incertitude de la méthode analytique, que M. Oudemans a cependant tâché d'améliorer.

En résumé, les résultats trouvés par M. Stein fournissent pour les quantités respectives des matières trouvées dans 100 parties de substance anhydre les nombres suivants :

	Orge crue.	Malt desséché à l'air.	Malt touraillé.	Germes.
Substances protéiques solubles....	1,258	2,131	1,985	15,875
Substances protéiques insolubles..	10,928	9,801	9,771	14,738
Substance cellulaire (en moyenne).	19,854	19,676	18,817	35,686
Dextrine.....	6,500	7,559	8,232	»
Matière grasse.....	3,556	2,922	3,379	»
Cendres.....	2,421	2,291	2,291	9,245
Matières extractives.....	0,896	4,000	4,651	»
Amidon (en moyenne).....	54,282	51,553	50,871	»

13° *Matière colorante de l'orge et du malt.*

L'orge contient une matière colorante jaune qui lui est du reste commune avec toutes les espèces de grains et qui, lorsqu'on extrait la matière grasse, est entraînée avec elle. Afin

d'obtenir la matière colorante aussi exempte que possible de matière grasse, on fait bouillir d'abord le grain avec de l'alcool à 80 centièmes. On précipite par l'acétate de plomb la dissolution alcoolique filtrée, et on obtient un précipité jaune qui est soluble dans l'acide acétique libre. Le précipité, après avoir été lavé, est agité avec un peu d'eau pendant qu'il est encore humide : on le décompose ensuite par l'hydrogène sulfuré : on recueille sur un filtre le précipité ainsi obtenu : on le lave avec de l'eau froide, puis on le dessèche. Après la dessiccation, on fait bouillir le précipité d'abord avec de l'alcool absolu, puis avec de l'alcool à 80°, dans lequel il est plus soluble que dans le premier. Les liqueurs alcooliques ne laissent pas déposer de cristaux par le refroidissement, mais, lorsqu'on les évapore, elles laissent un résidu amorphe, d'une couleur qui passe du jaune verdâtre au jaune brunâtre, qui contient encore une forte proportion de matière grasse.

Le résidu jaune de l'évaporation des dissolutions alcooliques prend une coloration jaune vif par l'action de l'ammoniaque, de la soude caustique, de l'acide chorhydrique, du chlorure d'étain et d'une dissolution d'alun. Avec le sesquichlorure de fer, il donne une coloration brun-verdâtre. M. Stein se propose du reste d'étudier d'une manière plus précise la composition et les propriétés de cette matière colorante.

14° *Matière odorante contenue dans l'orge et dans le malt.*

Pour isoler la matière odorante de l'orge et du malt vert, M. Stein a fait diverses expériences qui, en raison de la petite quantité de matière odorante dont il pouvait disposer, ne lui ont donné que des résultats tout à fait peu satisfaisants. Autant qu'il lui a été possible de tirer une conclusion de ces expériences, la matière odorante de l'orge est identique avec celle du malt vert : mais son odeur se fait sentir d'une manière bien plus nette dans ce dernier dans lequel elle est peut-être modifiée par la présence de nouvelles combinaisons odorantes.

M. Stein a d'abord soumis à la distillation le malt vert seul (50 kilogr. de malt et 20 litres d'eau dont la moitié a distillé) : une portion de la liqueur distillée qui présentait une réaction

acide, a été saturée de sel marin, puis agitée avec de l'éther qui n'a laissé après l'évaporation qu'un résidu à peine appréciable. Une autre portion de la liqueur distillée a été saturée par le carbonate de soude, puis évaporée par distillation ; ce qui avait passé à la distillation ne présentait aucune odeur, tandis que le résidu brunâtre de l'évaporation possédait une odeur de benjoin. En distillant ce résidu avec de l'acide phosphorique, on a obtenu un produit rappelant l'odeur du furfurol, mais provenant avec autant de probabilité de l'hydrure de salicyle ou de la coumarine.

En distillant avec 250 grammes de chaux une quantité de malt vert égale à celle indiquée précédemment, M. Stein a obtenu un premier produit distillé qui était blanchâtre et trouble. Ce liquide a été agité avec de l'éther qui, par l'évaporation, a laissé un résidu blanchâtre, formé de flocons amorphes, possédant l'odeur indiquée à un tel degré que, bien que sa quantité fût excessivement faible, elle était insupportable.

Note de M. Oudemans.

M. Stein de Dresde, dans le mémoire qui précède, a critiqué la méthode que j'ai suivie il y a trois ans pour l'analyse de quelques céréales et fait quelques observations sur les dosages de l'eau, de la cellulose et de l'amidon dont il est question dans l'ouvrage de M. Mulder. Je répondrai ici en quelques mots aux observations de M. Stein, en passant en revue les arguments dont il s'est servi.

M. Stein discute en premier lieu la détermination de la quantité d'eau : en indiquant qu'il a desséché ses substances à une température de 100°, il assure que, en chauffant des matières organiques à 120° et 140° comme je l'ai fait dans mes recherches, on ne saurait parvenir à un dosage exact de l'eau. Je n'ai nullement l'intention de prétendre que l'eau est la seule substance qui soit éliminée à 120° et 140° ; les vapeurs qui s'échappent, ont une odeur particulière qui démontre clairement le contraire. — Mais en tenant compte de la nature

des substances qu'une analyse qualitative indique dans les grains des céréales, je me tiens pour certain que la quantité des matières qui s'échappent avec l'eau, est infiniment petite. Pour moi, je doute beaucoup qu'il soit possible de chasser complétement l'eau contenue dans des substances comme celles qui nous occupent ici, en les desséchant à une température de 100°. J'ai fait souvent l'expérience et j'ai eu maintes fois l'occasion de m'assurer que certaines substances organiques comme l'albumine et ses congénères ne sont jamais totalement privées d'eau par l'action d'une température de 100° et exigent pour cela une dessiccation prolongée à une température plus élevée. Si, donc, il est vrai que j'aie trouvé un chiffre trop élevé pour la quantité d'eau contenue dans les grains des céréales, il me semble douteux que l'erreur commise soit aussi forte que M. Stein veut le faire croire.

M. Stein a obtenu un résultat négatif en cherchant à démontrer la présence du sucre dans le malt d'orge. Il a épuisé le malt par l'alcool et n'a observé aucune réduction de l'oxyde de cuivre en chauffant cet extrait avec la liqueur de Fehling, soit directement, soit après avoir évaporé avec une dissolution de soude caustique. Lorsque cependant la diastase a été précipitée et rendue inactive au moyen de l'acétate de bi-oxyde de mercure, le résultat du traitement au moyen de la liqueur de Fehling était variable.

J'ai pensé qu'il était intéressant de répéter une des expériences de M. Stein : mais, contrairement à son opinion, j'ai obtenu un résultat tout différent de celui de ce chimiste. En préparant un extrait de malt avec de l'alcool à 80 centièmes et en traitant cet extrait par la dissolution cupro-potassique de M. Mulder, j'ai observé immédiatement une forte réduction. Cette réduction a également eu lieu, bien qu'à un degré moindre, lorsque j'ai préalablement précipité l'extrait par le sous-acétate de plomb afin d'éliminer la diastase.

Ces expériences m'ont fait persister à compter le sucre parmi les parties constituantes du malt d'orge : relativement à l'hypothèse de M. Stein sur le prétendu état d'inaction sous lequel se trouverait, dans le grain d'orge germée, l'agent de transformation appelé diastase, je ferai remarquer que, contrairement à l'opinion de M. Stein, il doit se développer une certaine quantité de sucre dans les grains de céréales germées,

puisque, à l'époque de la germination pendant laquelle on observe une élévation sensible de température, il se produit dans les grains même un mouvement des sucs qui suffit pour déterminer l'action de la diastase sur la dextrine.

En ce qui concerne le dosage de la cellulose, je suis d'accord avec M. Stein, qu'il y a bien quelque chose à désirer dans la méthode que j'ai suivie; mais je crois avoir choisi la meilleure de celles dont je pouvais disposer : et il me paraît difficile d'attribuer une valeur plus grande à la méthode de M. Stein qui repose sur le principe que les résidus que laisse le malt lorsqu'on l'a traité par la diastase, l'alcool et l'éther, ne sont qu'un mélange de substances protéiques et de cellulose dont on peut déduire la dernière en défalquant la quantité de substances protéiques, calculées d'après la quantité d'azote trouvée dans le mélange indiqué. Ce principe me semble reposer sur des bases peu exactes, puisque, dans mes recherches, j'ai considéré comme impossible d'éliminer complétement l'amidon par la digestion avec de la diastase. En tout cas, il me semble qu'il y a de l'inconvénient à faire un calcul si compliqué dans une analyse quantitative.

Enfin je crois devoir désapprouver la détermination de l'amidon par le calcul telle que l'a faite M. Stein, surtout s'il croit pouvoir se fier plus à ce calcul qu'à une détermination directe comme celle que j'ai faite dans mes propres recherches. Ce mode d'analyse dans lequel on calcule les éléments par soustraction, manque absolument de contrôle et ne devrait être employé que dans les circonstances où on ne peut disposer d'aucun autre moyen pour arriver à connaître la vérité.

II. — APERÇU COMPARATIF SUR LES DIFFÉRENTS MODES DE FABRICATION DE LA BIÈRE.

En étudiant les différents traitements successifs auxquels on soumet en général le grain pour le transformer en bière, nous avons fait remarquer déjà combien est variée la manière dont on peut faire subir aux grains les transformations né-

cessaires pour en faire de la bière. Nous avons fait observer que chaque pays (1) et même chaque ville d'un même pays pouvait présenter un mode de fabrication, sinon essentiellement, du moins partiellement différent. Nous avons montré que, dans la fabrication de la bière, on devait tenir compte d'une foule de circonstances et, par exemple, du goût du consommateur, de la disposition des localités, de la saison de l'année où l'on se trouve, etc., etc., et que ces circonstances devaient déterminer des modifications du mode de fabrication. Il serait impossible d'indiquer dans chaque cas particulier les modifications que l'on doit apporter au mode général de fabrication : le directeur de l'établissement peut seul en être juge. Il existe toutefois un petit nombre de méthodes de fabrication qui peuvent servir de types et qui peuvent, avec quelques modifications, être employées dans un grand nombre de pays.

Nous citerons ici les trois principales : 1° la *méthode bavaroise;* 2° la *méthode anglaise ;* 3° la *méthode belge*.

Nous donnerons sur ces bières quelques généralités très-succinctes, nous en référant, pour les détails, à ce que nous avons dit dans les divers chapitres dans lesquels nous nous sommes occupé de chaque mode d'opération, et aux traités spéciaux sur la matière.

1° Méthode bavaroise.

La méthode bavaroise qui, sauf de légères modifications, est généralement usitée dans la Bavière, dans le Wurtemberg et dans le grand-duché de Bade, et qui, depuis quelques années, tend à se répandre en France, se distingue surtout par les caractères suivants :

(1) Lorsque nous étudions la manière dont on fabrique la bière dans chaque pays, nous devons encore tenir compte de la réglementation légale de cette industrie et des restrictions qu'elle peut apporter au mode de fabrication. Il ne peut pas entrer dans le cadre restreint de ce livre d'examiner d'une manière complète les diverses législations qui régissent cette industrie dans les différents pays. Nous nous bornerons à donner, en parlant de la fabrication en France, la législation française, et nous renverrons à l'ouvrage de Lacambre (*Traité complet de la fabrication des bières*, t. I, p. 432), ceux qui désireraient de plus grands détails sur cette question.

1° On opère l'empâtage par la méthode dite par décoction; nous avons donné, pages 214 et 216, les deux méthodes d'empâtage par décoction les plus généralement usitées en Bavière : la première est plus spécialement usitée dans les brasseries de Munich, et la seconde dans les brasseries d'Augsbourg et de Nuremberg.

2° Le moût, convenablement refroidi, subit une fermentation lente ou fermentation par dépôt.

3° Les tonneaux en bois dont on se sert, tant pour les besoins de la fabrication que pour l'entonnage des bières, sont préalablement enduits d'une couche de mélange résineux qui empêche l'air de pénétrer au travers du bois.

Les bières de Munich les plus renommées sont la bière de garde ordinaire, le bock-bier et le salvator-bier.

Ces trois sortes de bière ne diffèrent pas essentiellement par leur mode de fabrication, mais elles diffèrent surtout par la quantité et la qualité des matériaux dont on se sert; ainsi, pour un scheffel de malt de 222 litres, on doit obtenir 6 eimers, 411 litres de bière de garde, tandis que l'on n'obtient que 4 1/2 à 5 eimers de bock-bier et seulement 4 à 4 1/2 de salvator-bier.

De plus, le malt et le houblon, que l'on emploie pour la préparation du bock-bier et du salvator-bier, doivent être de première qualité.

Pour 1 scheffel de malt, on emploie, dans la préparation du bock-bier, 2 à 2 1/2 pfund de houblon de Bohême de première qualité, et dans la préparation du salvator-bier, 3 pfund du même houblon.

Nous avons déjà fait observer que la méthode de fabrication suivie à Augsbourg et à Nuremberg différait surtout de la précédente par l'empâtage. A Bamberg et à Kuhlmbach, on suit encore une méthode d'empâtage différente, qui, cependant, est toujours du nombre des méthodes par décoction : dans ces deux dernières villes, ce n'est pas la trempe épaisse, mais bien la trempe claire que l'on fait bouillir.

Mentionnons toutefois ici que, en Bavière, le terme fixé pour la préparation des bières de garde commence en octobre et finit en avril. C'est en effet en hiver et surtout au printemps, dans les mois de mars et d'avril, qu'il est considéré généralement comme préférable de brasser les bières de garde.

Les méthodes de fabrication que l'on suit dans le royaume de Wurtemberg et dans le grand-duché de Bade se rapprochent beaucoup des précédentes.

Outre ces bières qui, ainsi que nous l'avons dit, sont préparées au moyen de la fermentation par dépôt, on prépare aussi, dans les différentes parties de l'Allemagne, un grand nombre de bières au moyen de la fermentation superficielle : on prépare même dans certaines localités des bières fromentacées. Pour faire ressortir les différences que présente le mode de fabrication de chacune, il nous faudrait dépasser les limites que nous nous sommes assignées. Ceux de nos lecteurs qui voudraient étudier à fond ce sujet, trouveront dans les ouvrages spéciaux de Laeambre et de Müller tous les renseignements dont ils auraient besoin.

2° Méthode anglaise.

La méthode anglaise se distingue surtout par les caractères suivants :

1° On opère l'empâtage par la méthode dite par infusion dont il a été question page 211. Nous ferons remarquer ici que, en Angleterre, le malt est fréquemment soumis à quatre traitements successifs au lieu de trois.

2° Le moût, après avoir été soumis à l'ébullition avec du houblon et avoir été ensuite refroidi à une température convenable, subit une fermentation vive ou fermentation superficielle.

3° Les tonneaux en bois dont on se sert, tant pour les besoins de la fabrication que pour l'entonnage des bières, ne sont pas préalablement enduits d'un couche de mélange résineux. Ils sont en général de dimensions colossales.

Nous croyons devoir faire remarquer ici que les bières anglaises, bien que fabriquées d'une manière toute différente des bières bavaroises, sont, comme ces dernières, susceptibles de se conserver très-bien et même d'être exportées au loin.

La proportion relativement plus considérable d'alcool contenue dans ces bières est indubitablement une des causes pour lesquelles ces bières se conservent si bien; toutefois,

nous pensons que le soin apporté, d'une part, au choix des matériaux qui doivent servir à la préparation de la bière, et, d'autre part, aux diverses phases de la fabrication même, doivent y contribuer également.

La manière dont on prépare l'*ale*, ne diffère pas essentiellement de celle dont on prépare le *porter*; toutefois, afin de donner à ce dernier la couleur brune qu'il possède habituellement, on emploie pour sa préparation une certaine quantité de malt fortement touraillé dont on ne se sert pas pour la préparation de l'ale; le malt fortement touraillé que l'on emploie dans la préparation du porter, communique en outre à cette bière une saveur toute spéciale. En résumé, la différence entre l'ale et le porter réside plutôt dans la nature et dans la quantité des matériaux employés.

Pour les détails de l'opération, nous renverrons aux ouvrages spéciaux déjà précédemment cités de Muspratt, de Thomson, de Lacambre, etc.

3° Méthode belge.

Les bières belges diffèrent surtout des autres bières par la nature des matières employées à leur préparation et par le mode particulier de fermentation que l'on fait subir au moût après sa cuisson avec le houblon.

On sait, en effet, que la plupart des bières belges sont fabriquées au moyen d'un mélange d'orge germée et de froment non germé et que le moût, après avoir subi la cuisson avec le houblon et avoir été convenablement refroidi, est abandonné à lui-même sans aucune addition de ferment et subit une fermentation lente que l'on a désignée sous le nom de fermentation spontanée.

Prenons pour exemple le lambick, le faro et la bière de mars que l'on prépare à Bruxelles.

Ces trois bières se préparent de la même manière et s'obtiennent souvent au moyen d'un même brassin. Pour les préparer, on emploie ordinairement des poids égaux d'orge germée légèrement touraillée et de froment non germé que l'on mélange bien et que l'on soumet à une mouture large.

On compte généralement qu'il faut 100 kilogrammes du

mélange farineux pour produire 1 tonne de lambick et 1 tonne de bière de mars, ou bien 2 tonnes de faro, c'est-à-dire 460 litres environ.

En ce qui concerne l'empâtage du mélange indiqué, nous renverrons à ce que nous avons dit p. 217 de l'empâtage des bières belges en général. Nous ferons cependant observer que l'on place en général au fond de la cuve dans laquelle on opère l'empâtage une couche de balles de froment à laquelle on attribue la propriété de communiquer à la bière une saveur spéciale.

Les deux premiers métiers servent généralement à la préparation du lambick. Pour préparer cette dernière espèce de bière, on fait bouillir ordinairement le moût avec 780 à 860 grammes de houblon d'Alost de première qualité, que l'on ajoute au moût lorsque, étant devenu clair, on le verse de nouveau dans la chaudière : on ne le transvase ensuite dans la cuve-guilloire que lorsque sa température n'est plus que de 14° à 16° pour les temps très-froids et de 10° à 12° pour les températures ordinaires de l'automne et du printemps. Dès que le moût est réuni dans la cuve-guilloire, on l'entonne dans des futailles de 2 à 3 hectolitres sans aucune addition préalable de ferment.

Quant au moût qui doit servir à la préparation de la bière de mars, il subit ordinairement une ébullition de 12 à 14 heures avec le résidu du houblon qui a servi à la préparation du lambick, et 400 à 500 grammes de houblon nouveau par hectolitre.

Le *faro* n'est à proprement parler qu'un mélange, soit de différents moûts que l'on fait ensuite fermenter ensemble, soit de différentes bières.

On brasse en Belgique, et notamment à Louvain, à Diest, à Malines, à Hougaerde et à Lierre, un grand nombre d'autres bières fromentacées.

On brasse également dans ce pays un grand nombre de bières d'orge parmi lesquelles l'uytzet est la plus connue.

Mais il ne nous est pas possible de les étudier toutes : nous nous contenterons des considérations que nous avons émises sur le faro, le lambick et la bière de mars de Bruxelles, et nous renverrons au savant ouvrage de Lacambre dans lequel nous avons puisé nos renseignements, ceux de nos lecteurs qui auraient besoin de plus de détails.

Nous terminerons cet exposé succinct des principaux modes de fabrication de la bière par quelques considérations sur la fabrication de la bière en France.

4° De la fabrication de la bière en France, et de la législation qui la régit.

En France, on n'emploie généralement pas de froment pour la préparation de la bière; on ne se sert que d'orge germée. Toutefois, à Paris, on est depuis longtemps dans l'habitude, ainsi que l'indique Payen (1), de remplacer une partie du malt par des matières sucrées, telles que la mélasse et le sirop de fécule dont on ajoute au moût une certaine proportion. Il serait toutefois à désirer que l'on cessât de faire usage à cet effet des sirops provenant de la saccharification de la fécule par l'acide sulfurique dont l'emploi peut présenter de nombreux inconvénients.

Si nous faisons abstraction de quelques brasseries dans lesquelles on a essayé de préparer de la bière au moyen de la méthode bavaroise (2), nous pouvons dire que, généralement, dans la fabrication de la bière en France, on opère l'empâtage au moyen de la méthode par infusion, et que le moût, après sa cuisson avec le houblon, est soumis à la fermentation superficielle.

Nous croyons, toutefois, devoir faire observer que, par une étude plus approfondie de la fabrication des bières étrangères et notamment des bières bavaroises, des bières anglaises et des bières belges, on pourrait apporter d'utiles modifications au mode de fabrication généralement adopté en France : nous ajouterons que les soins apportés par un petit nombre de brasseurs d'élite tant au choix de leurs matériaux qu'au mode même de fabrication, devrait servir d'exemple aux autres.

Nous ferons remarquer, en terminant, que le mode de ré-

(1) *Traité de chimie industrielle*, 1859, 4e édition, t. II, p. 314.

(2) Nous sommes heureux de constater ici que les efforts persévérants faits par quelques brasseurs français, et notamment par M. Reinert, brasseur à Sèvres, près Paris, pour arriver à préparer en France la bière par ce procédé, ont été entièrement couronnés de succès et que les bières ainsi obtenues sont d'une saveur fort agréable.

glementation légale qui régit actuellement la fabrication de la bière en France, nous paraît devoir être dans certains cas un obstacle aux perfectionnements utiles que l'on pourrait apporter à cette industrie.

Rien ne peut mieux faire ressortir notre pensée que l'étude même de la loi du 28 avril 1816 et des modifications successives qu'elle a subies depuis l'époque de sa promulgation ; aussi avons-nous pensé être agréable à nos lecteurs en l'insérant ici et en la faisant précéder de l'excellent résumé historique qu'un éminent jurisconsulte a fait de la question.

« L'établissement des droits sur la bière, dit M. Dalloz (1), remonte seulement à 1625. Ce ne fut même qu'au profit des vérificateurs des bières que l'on créa, dans le principe, un droit de contrôle qui était perçu à raison de 6 sous par muid. L'office des contrôleurs fut supprimé; le droit qu'ils percevaient, fut remplacé bientôt par une taxe plus élevée au profit de l'État, laquelle fit la matière d'un titre de l'ordonnance des aides. Le droit était dû indistinctement, et sans déduction pour consommation de famille, sur toute bière fabriquée, soit par des brasseurs de profession, soit par de simples particuliers, soit par des corporations religieuses, établissements publics, etc., ainsi que cela résulte d'une déclaration du roi du 12 juin 1708. — La bière était soumise non-seulement au droit de contrôle, mais encore aux droits connus sous le nom de gros, jaugeage, courtage, entrée, détail. Mais la bière fabriquée et consommée dans Paris n'était assujettie, à ce qu'il paraît, qu'à une taxe unique. Tous ces droits furent abolis en 1791 et rétablis par la loi du 5 ventôse an XII. La loi du 5 ventôse an XII a été suivie de plusieurs lois qui sont toutes abrogées aujourd'hui par la loi du 28 avril 1816. Depuis la loi de l'an XII, le droit sur la bière a varié souvent (loi du 25 novembre 1808, art. 24; loi du 8 décembre 1814, art. 93 ; loi du 28 avril 1816, art. 107; loi du 25 mars 1817, art. 86; loi du 1er mai 1822; loi du 12 décembre 1830); mais, malgré ces variations, la loi de 1816 est toujours restée la loi fondamentale de la matière, et les lois postérieures lui ont fait subir peu de modifications. »

Nous allons donner d'abord l'extrait de la loi de 1816 qui est relatif aux brasseries; nous le ferons suivre de l'extrait

(1) *Répertoire de législation*, t. XXVII, p. 544.

de toutes les lois qui sont venues y apporter quelques modifications.

107 (1). Il sera perçu, à la fabrication des bières, un droit de 2 francs par hectolitre de bière forte, et de 50 centimes par hectolitre de petite bière.

Ce dernier droit sera de 75 centimes, lorsqu'il sera constaté par un arrêté du préfet pour chaque arrondissement, et sur l'avis du sous-préfet, qui prendra celui des maires, que l'hectolitre se vend 5 francs et au-dessus.

108. Il n'y aura lieu à faire l'application de la taxe sur la petite bière que lorsqu'il aura été fabriqué plusieurs brassins avec la même drêche (2); et cette exception ne sera appliquée qu'au dernier brassin, pourvu d'ailleurs qu'il ne soit entré dans sa fabrication aucune portion des matières résultant des trempes données pour les premiers, qu'il n'y ait été fait aucune addition ni remplacement de drêche, et que la chaudière où il aura été fabriqué n'excède, en contenance, aucune de celles qui auront servi pour ces brassins : faute de quoi, tous les brassins seront réputés de bière forte et imposés comme tels.

109. Le produit des trempes données pour un brassin ne pourra excéder de plus du vingtième la contenance de la chaudière déclarée pour sa fabrication; la régie des contributions indirectes est autorisée à régler, suivant les circonstances, l'emploi de cet excédant, de manière qu'il ne puisse en résulter aucun abus.

110. La quantité de bière passible du droit sera évaluée, quelles qu'en soient l'espèce et la qualité, en comptant pour chaque brassin la contenance de la chaudière, lors même qu'elle ne serait pas entièrement pleine. Il sera seulement déduit, sur cette contenance, 20 p. 100 pour tenir lieu de tous déchets de fabrication, d'ouillage, de coulage et autres accidents.

111. Les employés de la régie sont autorisés à vérifier, dans les bacs et cuves ou à l'entonnement, le produit de la fabrication de chaque brassin.

(1) Extrait de la loi générale sur les boissons du 28 avril 1816, chapitre v, Des brasseries.

(2) Nous ferons remarquer que le mot drêche est employé ici, bien qu'à tort, comme synonyme de malt.

Tout excédant à la contenance brute de la chaudière sera saisi. Un excédant de plus du dixième supposera, en outre, la fabrication d'un brassin non déclaré, et le droit sera perçu en conséquence, indépendamment de l'amende encourue.

Tout excédant à la quantité déclarée imposable à l'art. 110 sera soumis au droit, quand il sera de plus du dixième de cette quantité, soit qu'on le constate sur les bacs ou à l'entonnement.

112. L'entonnement de la bière ne pourra avoir lieu que de jour.

113. Il ne pourra être fait d'un même brassin qu'une seule espèce de bière; elle sera retirée de la chaudière et mise aux bacs refroidissoirs sans interruption; les décharges partielles sont, par conséquent, défendues.

114. La petite bière fabriquée sans ébullition, sur des marcs qui auront déjà servi à la fabrication de tous les brassins déclarés, sera exempte de tout droit, pourvu qu'elle ne soit que le produit d'eau froide versée dans la cuve-matière sur ces marcs, qu'elle ne soit fabriquée que de jour, qu'elle n'excède pas en quantité le huitième des bières assujetties au droit pour un des brassins précédents, et qu'en sortant de la cuve matière, elle soit livrée de suite à la consommation sans être mélangée d'aucune autre espèce de bière.

A défaut d'une des conditions, toute la petite bière fabriquée sera soumise au droit, indépendamment des peines encourues pour fausse déclaration, s'il y a lieu.

115. Les bières destinées à être converties en vinaigre sont assujetties aux mêmes droits de fabrication que les autres bières.

Les quantités passibles du droit seront évaluées, lorsque ces bières auront été fabriquées par infusion, en comptant pour chaque brassin la contenance de la cuve, dans laquelle le produit des trempes aura dû être réuni pour fermenter, lors même qu'elle ne serait pas entièrement pleine.

Il sera déduit, sur la contenance de la chaudière ou de la cuve, quelles que soient les quantités fabriquées, pourvu qu'elles n'excèdent point la contenance des vaisseaux, 20 p. 100 pour tous déchets de fabrication, d'ouillage, de coulage, d'évaporation et autres accidents.

En cas d'excédant à la contenance de la chaudière ou de la

cuve, il sera fait application des peines établies par l'art. 3 pour les autres bières.

116. Il ne pourra être fait usage pour la fabrication de la bière, que de chaudières de 6 hectol. et au-dessus.

Il est défendu de se servir de chaudières qui ne seraient pas fixées à demeure et façonnées. Les brasseries ambulantes sont interdites; néanmoins la régie pourra les permettre, suivant les localités.

117. Les brasseurs seront tenus de faire, au bureau de la régie, la déclaration de leur profession et du lieu où sont situés leurs établissements; ils seront, en outre, obligés à déclarer par écrits, la contenance de leurs chaudières, cuves et bacs, avant de s'en servir; ils fourniront l'eau et les ouvriers nécessaires pour vérifier, par l'empotement de ces vaisseaux, les contenances déclarées. Cette opération sera dirigée en leur présence par des employés de la régie, et il en sera dressé procès-verbal.

Chaque vaisseau portera un numéro et l'indication de sa contenance en hectolitres.

118. Il est défendu de changer, modifier ou altérer la contenance des chaudières, cuves et bacs, ou d'en établir de nouveaux, sans en avoir fait la déclaration par écrit vingt-quatre heures d'avance. Cette déclaration contiendra la soumission du brasseur de ne faire usage desdits ustensiles qu'après que leur contenance aura été vérifiée, conformément à l'article précédent.

119. Le feu ne pourra être allumé sous les chaudières, dans les brasseries, que pour la fabrication de la bière.

120. Tout brasseur sera tenu, chaque fois qu'il voudra mettre le feu sous ses chaudières, de déclarer, au moins quatre heures d'avance dans les villes, et douze heures dans les campagnes:

1° Le numéro et la contenance des chaudières qu'il voudra employer, et l'heure de la mise de feu sous chacune;

2° Le nombre et la qualité des brassins qu'il devra fabriquer avec la même drêche;

3° L'heure de l'entonnement de chaque brassin;

4° Le moment où l'eau sera versée sur les marcs, pour fabriquer la petite bière sans ébullition, exempte du droit, et celui où elle devra sortir de la brasserie.

Les brasseurs qui voudront faire, pour la fabrication du vinaigre, un ou plusieurs brassins par infusion, déclareront, en outre, la contenance de la cuve dans laquelle toutes les trempes devront être réunies pour fermenter.

Le préposé qui aura reçu une déclaration, en remettra une ampliation signée de lui au brasseur, lequel sera tenu de la représenter à toute réquisition des employés, pendant la durée de la fabrication.

121. La mise de feu sous une chaudière supplémentaire pourra être autorisée, sans donner ouverture au payement du droit de fabrication, pourvu qu'elle ne serve qu'à chauffer les eaux nécessaires à la confection de la bière et au lavage des ustensiles de la brasserie. Le feu sera éteint sous la chaudière supplémentaire, et elle sera vidée aussitôt que l'eau destinée à la dernière trempe en aura été retirée.

122. Les brasseurs sont autorisés à se servir de hausses mobiles, qui ne seront point comprises dans l'épalement, pourvu qu'elles n'aient pas plus d'un décimètre (environ quatre pouces) de hauteur, qu'elles ne soient placées sur les chaudières qu'au moment de l'ébullition de la bière, et qu'on ne se serve point de mastic ou autres matières pour les soutenir ou pour les élever.

123. Toutes constructions en charpente, maçonnerie ou autrement, qui seront fixées à demeure sur les chaudières, et qui s'étendront sur plus de moitié de leur contour, seront comprises dans l'épalement; les brasseurs devront, en conséquence, les détruire, ou faire les dispositions convenables, pour qu'elles puissent être épalées.

124. Toute brasserie en activité portera une enseigne, sur laquelle sera inscrit le mot *brasserie*.

Les brasseurs de profession apposeront sur leurs tonneaux une marque particulière, dont une empreinte sera par eux déposée au bureau de la régie, au moment où ils feront la déclaration prescrite par l'art. 117.

125. Les brasseurs seront soumis aux visites et vérifications des employés, et tenus de leur ouvrir, à toute réquisition, leurs maisons, brasseries, ateliers, magasins, caves et celliers, ainsi que de leur représenter les bières qu'ils auront en leur possession. Ces visites ne pourront avoir lieu dans les maisons contiguës aux brasseries, ou non enclavées dans la même enceinte.

Ils seront également tenus de faire sceller toute communication des brasseries avec les maisons voisines, autres que leur maison d'habitation.

126. Les brasseurs pourront avoir un registre, coté et paraphé par le juge de paix, sur lequel les employés consigneront le résultat des actes inscrits à leurs portatifs.

127. Les brasseurs auront, avec la régie des contributions indirectes, pour les droits constatés à leur charge, un compte ouvert qui sera réglé et soldé à la fin de chaque mois.

Les sommes dues pourront être payées en obligations dûment cautionnées, à trois, six ou neuf mois de terme, pourvu que chaque obligation soit au moins de 300 francs.

128. Les particuliers qui ne brassent que pour leur consommation, les colléges, maisons d'instruction et autres établissements publics, sont assujettis aux mêmes taxes que les brasseurs de profession, et tenus aux mêmes obligations, excepté au payement du prix de la licence.

Néanmoins, les hôpitaux ne seront assujettis qu'à un droit proportionnel à la qualité de la bière qu'ils font fabriquer pour leur consommation intérieure : ce droit sera réglé par deux experts, dont l'un sera nommé par la régie, et l'autre par les administrateurs des hôpitaux ; en cas de discorde, le tiers-arbitre sera nommé par le préfet.

129. Toute contravention aux dispositions du présent chapitre sera punie d'une amende de 200 à 600 francs.

Les bières trouvées en fraude, et les chaudières qui ne seraient pas fixées à demeure et maçonnées, seront, en outre, saisies et confisquées.

130. La régie pourra consentir, de gré à gré, avec les brasseurs de la ville de Paris et des villes au-dessus de 30,000 âmes, un abonnement général pour le montant du droit de fabrication dont ils seront présumés passibles ; cet abonnement sera discuté entre le directeur de la régie et les syndics qui seront nommés par les brasseurs; il ne pourra être accordé pour 1816, qu'autant qu'il offrira un produit égal à celui d'une année moyenne, calculée d'après la quantité de bière fabriquée dans Paris durant dix années consécutives. Il ne sera définitif qu'après qu'il aura été approuvé par le ministre des finances, sur le rapport du directeur général des contributions indirectes.

131. Dans le cas de l'abonnement autorisé par l'article précédent, les syndics des brasseurs procéderont chaque trimestre en présence du préfet ou d'un membre du conseil municipal délégué par lui, à la répartition entre les brasseurs, en proportion de l'importance du commerce de chacun, de la somme à imposer sur tous. Les rôles arrêtés par les syndics et rendus exécutoires par le préfet ou son délégué, seront remis au directeur de la régie, pour qu'il en fasse poursuivre le recouvrement.

132. Les brasseurs de Paris et des villes au-dessus de 30,000 âmes, seront solidaires pour le payement des sommes portées aux rôles; en conséquence, aucun nouveau brasseur ne pourra s'établir, s'il ne remplace un autre brasseur compris dans la répartition.

133. Pendant toute la durée de l'abonnement, nul brasseur ne pourra accroître les moyens de fabrication, soit en augmentant le nombre et la capacité des chaudières, soit de toute autre manière.

134. Les sommes portées au rôle de répartition seront exigibles par douzième, de mois en mois, d'avance et par voie de contrainte. A défaut de payement d'un terme échu, les redevables dûment mis en demeure, ou en cas de contravention à l'article précédent, le ministre des finances, sur le rapport du directeur général des contributions indirectes, sera autorisé à prononcer la révocation de l'abonnement, et à faire remettre immédiatement en vigueur le mode de perception établi par la présente loi, sans préjudice des poursuites à exercer pour raison des sommes exigibles.

135. Au moyen de l'abonnement autorisé par l'art. 130, les brasseurs seront dispensés de la déclaration qu'ils sont tenus, par l'art. 120 de la présente loi, de faire au bureau de la régie, avant chaque mise de feu; mais afin de fournir aux syndics les éléments de la répartition, et à la régie les moyens de discuter l'abonnement pour l'année suivante, les brasseurs inscriront, sur leur registre coté et paraphé, chaque mise de feu, au moment même où elle aura lieu. Les commis, lors de leurs visites, établiront sur leur registre portatif les produits de la fabrication, d'après la contenance des chaudières, et sous la déduction réglée par l'art. 110, et s'assureront seulement, par la vérification des quantités de bière existant dans

les brasseries, qu'il n'a point été fait de brassin qui n'ait été inscrit sur le registre des fabricants.

136. L'abonnement ne pourra être consenti que pour une année. En cas de renouvellement, les brasseurs procéderont, au préalable, à la nomination d'un tiers des membres du syndicat. Les syndics qui devront être remplacés la première et la deuxième année, seront désignés par le sort. Ils ne pourront, dans aucun cas, être réélus qu'après une année au moins d'intervalle.

137. Les bières fabriquées dans Paris, qui seraient expédiées hors du département de la Seine, seront soumises, à la sortie dudit département, au droit de fabrication établi par l'art. 107 de la présente loi, et auquel seront assujettis les brasseurs des départements circonvoisins. Il en sera de même des bières fabriquées dans des villes où l'abonnement avec les brasseurs aura été consenti, lorsqu'elles seront expédiées hors desdites villes.

Art. 56. Le droit à la fabrication des bières établi par l'article 107 de la loi du 28 avril 1816, est porté à 3 francs par hectolitre de bière forte, et à 50 centimes par hectolitre de petite bière. Ce dernier droit sera de 75 centimes, dans le cas où la petite bière se vendrait 5 francs et au-dessus (1).

Art. 4. Le droit de fabrication sera restitué sur les bières qui seront expédiées à l'étranger ou pour les colonies françaises (2).

Art. 8. Il continuera d'être perçu à la fabrication des bières un droit de 3 francs par hectolitre de bière forte, et il n'y aura plus pour la petite bière qu'un droit unique qui est fixé à 75 centimes. Il ne pourra être fait application de la taxe sur la petite bière que lorsqu'il aura été préparé préalablement un brassin de bière forte avec la même drêche, et pourvu, d'ailleurs, que cette drêche ait subi pour le premier brassin au moins deux trempes, qu'il ne soit entré, dans le second brassin, aucune portion des métiers résultant des trempes données pour le

(1) Extrait de la loi sur les finances des 25-26 mars 1817. — Titre VII. — Contributions indirectes. — § 2. Des boissons.

(2) Extrait de la loi du 23 juillet 1820, relative à la fixation du budget des recettes de 1820.

premier, qu'il n'ait été fait aucune addition, ni aucun remplacement de drêche, et que le second brassin n'excède point en contenance le brassin de bière forte. S'il était fabriqué plus de deux brassins avec la même drêche, le dernier seulement sera considéré comme petite bière. Indépendamment des obligations imposées par l'art. 120 de la loi du 28 avril 1816, les brasseurs indiqueront dans leurs déclarations l'heure à laquelle les trempes de chaque brassin devront être données. A défaut de l'accomplissement des conditions ci-dessus, tout brassin sera réputé de bière forte et imposé comme tel. D'après les dispositions qui précèdent, les art. 107 et 108 de la loi du 28 avril 1816 et 86 de la loi du 25 mars 1817 sont abrogés (1).

Art. 3. (Extrait.) Les droits de circulation, de consommation, d'entrée, de remplacement aux entrées de Paris et de fabrication des bières, seront réduits conformément au tarif annexé à la présente loi, savoir : fabrication des bières dans tout le royaume, bière forte 2 francs 40 centimes par hectolitre en principal, petite bière 60 centimes (2).

Art. unique. L'exercice du droit attribué, par l'art. 117 de la loi du 28 avril 1816, aux employés de la régie des contributions indirectes, de vérifier par l'empotement la contenance des chaudières, cuves et bacs, déclarée par les brasseurs, ne peut être empêché par aucun obstacle du fait des brasseurs; ceux-ci doivent toujours être prêts, par eux-mêmes ou par leurs préposés, à fournir l'eau et les ouvriers nécessaires et à déférer aux réquisitions des employés (3).

Art. 23. Le produit des trempes données pour un brassin pourra excéder de vingt pour cent (20 p. 100) la contenance de la chaudière déclarée pour la fabrication du brassin. La régie des contributions indirectes est autorisée à régler, en raison des procédés de fabrication et de la durée ou de la chaleur de l'ébullition, le moment auquel le produit des trempes devra être rentré dans la chaudière (4).

(1) Extrait de la loi des 1-2 mai 1822 contenant le budget de 1822.

(2) Extrait de la loi des 12-15 décembre 1830, qui ouvre des crédits provisoires pour l'exercice 1831.

(3) Loi des 23-27 avril 1817, relative à l'art. 117 de la loi du 28 avril 1816, sur les contributions indirectes.

(4) Décret des 17-20 mars 1852 portant fixation du budget de 1852, dont les art. 14 à 24 contiennent des dispositions nouvelles sur l'impôt des bois-

III. — DE LA BIÈRE AU POINT DE VUE ÉCONOMIQUE.

Lorsqu'on cherche à se rendre compte de la production et de la consommation de la bière, on remarque que c'est surtout en Europe et notamment en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, en Hollande et en France que l'on fait usage de cette boisson. Presque tous les États de l'Europe possèdent aujourd'hui des brasseries, et, s'il est vrai de dire que c'est en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, en Hollande, en France, qu'elle a atteint le chiffre le plus élevé, nous devons ajouter que la bière tend à se répandre de plus en plus dans les autres États : il existe actuellement des brasseries non-seulement dans les autres États septentrionaux comme la Russie, le Danemark, la Suède et la Norwége; mais il en existe aussi dans les États méridionaux comme l'Espagne et l'Italie.

En dehors de l'Europe, il n'existe guère que les États-Unis de l'Amérique du Nord où la fabrication de la bière ait atteint un certain degré d'extension (1).

Angleterre. — D'après Lacambre (2), il existait en 1836 en Angleterre, 2,099 brasseries, qui consommaient 16,412,000 boisseaux de malt; 55,000 aubergistes, dont 37,000 faisaient eux-mêmes leur bière et consommaient 9,520,000 boisseaux de malt par an; 14,800 particuliers brassaient eux-mêmes leur bière et consommaient 3,702,000 boisseaux de malt. Total pour l'Angleterre seule, environ 30,000,000 de boisseaux par an. En Écosse, il y avait 242 grandes brasseries qui, avec les cabaretiers et particuliers ayant une licence pour brasser, consommaient ensemble 1,129,000 boisseaux; et en Irlande 245 brasseries, qui consommaient 1,830,000 boisseaux.

La seule ville de Londres produit annuellement 4,000,000 d'hectolitres de bière.

Autriche. — D'après Balling (3), la production de la bière

sons. — Titre III, Dispositions spéciales à quelques matières d'impôts et de revenus. — Boissons.

(1) Dans les États-Unis d'Amérique, il existait, en 1840, 406 brasseries. En 1850, la fabrication de la bière occupait dans ce pays 5487 ouvriers et fournissait 37,104,000 gallons de bière.

(2) *Traité complet de la fabrication des bières*, t. I, p. 267.

(3) *Gährung's Chemie*, 2e édition, t. I, fascicule II, p. 545.

dans l'empire d'Autriche était répartie en 1850 de la manière suivante :

	POPULATION.	NOMBRE DE BRASSERIES.	QUANTITÉ DE BIÈRE PRODUITE.
Autriche inférieure..	1538047	145	1575068 eimers (1).
Autriche supérieure, en y comprenant Salzbourg.....	852823	378	952732 —
Bohême.....	4409900	1057	4045455 —
Moravie et Silésie...	2238424	429	1254105 —
Styrie.....	1006971	146	254963 —
Tyrol.....	859706	117	159550 —
Carinthie et Carniole.	783180	317	164868 —
Galicie avec Cravovie et la Buchovine...	4994063	390	881297 —
Littoral.....	508016	9	2576 —
TOTAL.....	17190630	2988	9290614 —

On n'a pas compris dans ce tableau les résultats relatifs à la Hongrie, à la Transylvanie et au royaume Lombardo-Vénitien : cependant la production de la bière en Hongrie et en Transylvanie présente une certaine importance, et va toujours en croissant. Fényes indique le nombre des brasseries comme s'élevant en Hongrie à 300 : en Transylvanie, on comptait, en 1841, 81 brasseries et dans le territoire militaire 38. Dans le royaume Lombardo-Vénitien, il existait, en 1841, 53 brasseries dont 39 en Lombardie et 14 en Vénétie.

Ajoutons encore quelques mots sur la production et la consommation de la bière dans deux des principales villes de l'empire d'Autriche.

A Vienne, pour une population de 356,869 individus, il existait en 1841 5 brasseries produisant 301,124 *eimers* qui, avec 591,164 *eimers* venant de l'extérieur, fournissent pour la consommation de cette ville 892,284 *eimers*, ce qui donne 100 *masz* pour la consommation annuelle d'un habitant.

A Prague, pour une population de 109,359 individus, il exis-

(1) 1 eimer = 41 masz = 58,2 litres.

tait à la même époque 44 brasseries produisant 194,796 *eimers* qui, avec 129,436 *eimers* venant de l'extérieur, fournissent pour la consommation annuelle de cette ville 324,232 *eimers*, ce qui donne 118 *masz* pour la consommation annuelle d'un habitant.

Zollverein. — Balling (1), en parlant des résultats fournis par Dieterici (2), a établi le tableau suivant de la production de la bière dans les États du Zollverein en 1842.

ÉTATS DU ZOLLVEREIN.	NOMBRE des habitants.	NOMBRE des brasseries.	QUANTITÉ DE MALT CONSOMMÉE.	QUANTITÉ de bière produite, en admettant que 1 centner fournisse 185 quarts.	MOYENNE qui en résulte pour la consommation annuelle d'un habitant.
			Centners de Prusse.	Quarts de Prusse.	Quarts de Prusse.
Prusse.....	14928501	10068	1982217	366710145	24
Bavière, 1° cercle de Bavière....	3791857	?	2704516	500335160	132
Bavière, 2° Bavière Rhénane.	579120	?	206167	38140895	65
Saxe.....	1706276	989	382491	70760835	41
Wurtemberg...	1703258	2205	660477	122188260	71
Bade.....	1294131	?	147622	26200200	20
Hesse électorale.	729279	?	100000	18500000	25
Hesse grand-ducal.....	820907	?	73267	13554392	16
Thuringe (principautés et duché de Saxe...	890004	?	296296	54870260	61
Brunswick.....	180506	?	66787	12355595	68
Nassau.....	398055	?	52000	9620000	24
Francfort-s.-le-Mein.....	66338	23	24900	4596600	69
Lippe.....	102556	54	5543	1025455	10
Anhalt (principautés).....	140065	?	39498	7307400	49
Luxembourg...	175223	?	20132	3724420	21
Meisenheim....	14285	?	533	98605	7
Birkenfeld....	28669	?	1404	259740	9
TOTAL.....	27558030	?	6758050	1250239252	712

(1) *Loc. cit.*, p. 565.

(2) *Statistische Uebersicht des Verbrauchs des Bieres im deutschen Zollvereine*, 2te Fortsetzung, p. 299, et plus loin, surtout p. 310, Berlin, 1844.

De tous les États de l'Allemagne, c'est en Bavière que la production de la bière s'élève au chiffre le plus élevé, et, de toutes les villes de Bavière, c'est assurément Munich qui occupe le premier rang sous ce rapport.

D'après Lacambre, pour une population qui s'élève à 100,000 âmes environ, on emploie annuellement à Munich pour la fabrication de la bière 1 million de sacs de grains qui donnent en moyenne 8 tonnes du pays par sac, ce qui, à raison de 60 à 65 litres par tonne, fait 500 millions de litres de bière par an.

Belgique. — On brasse, dans ce pays, 8 à 9 millions d'hectolitres de bière par an pour une population de 4 millions d'individus et la presque totalité de cette bière est consommée dans le pays.

France. — Les seuls renseignements que nous possédons sur la production générale de la bière en France, remontent à 1842.

D'après Schnitzler, elle donnait à cette époque les résultats suivants :

	Hectolitres de bière.	Valeur représentative en francs.
Dans les départements du nord-est...	3,115,615	41,419,432
— — du nord-ouest.	527,378	9,429,261
— — du sud-est....	166,942	5,447,719
TOTAL.....	3,809,935	56,296,412

Depuis quelques années, la fabrication de la bière a pris une grande extension dans les principales villes de l'est et du nord de la France.

A Lille, la production est de 170,000 à 180,000 hectolitres de bières fortes qui consistent en double bière de garde et en bière brune ordinaire, et de 25 à 30,000 hectolitres de petite bière.

A Strasbourg, la fabrication moyenne de 1842 à 1847, a été de 150,000 hectolitres, mais en 1848 et 1849, ce chiffre est tombé à 94,000.

La fabrication a aussi pénétré dans le centre et le midi de la France; Lyon, Clermont, Limoges, Toulouse, Bordeaux, Marseille, ainsi que les principales villes de France, possèdent

aujourd'hui des brasseries. La fabrication de la bière a même pénétré en Algérie.

D'après Lacambre, la production annuelle de la bière à Paris est de 130 à 140,000 hectolitres de bière qui consistent surtout en bières brunes et en bières blanches fortes.

Nous devons à M. Armand Husson (1), sur la consommation de la bière à Paris, quelques détails qu'il a résumés dans le tableau suivant :

Quantités des bières consommées à Paris, de 1781 *à* 1786 *et de* 1821 *à* 1824.

PÉRIODES.	BIÈRES FABRIQUÉES DANS PARIS.			BIÈRES VENANT DU DEHORS.	TOTAL DE LA CONSOMMATION.
	BIÈRE FORTE.	PETITE BIÈRE.	TOTAL.		
	hect.	hect.	hect.	hect.	hect.
De 1781 à 1786, moyenne de 6 ans.....	»	»	»	»	52,644
De 1821 à 1830, moyenne de 10 ans.....	103,526	33,044	136,577	3,234	139,804
De 1831 à 1840, moyenne de 10 ans.....	75,477	34,129	109,606	6,748	116,354
De 1841 à 1850, moyenne de 10 ans..... ..	64,041	36,049	100,090	17,605	117,695
De 1851 à 1854, moyenne de 4 ans.....	74,663	28,413	103,076	36,939	140,015
De 1851 à 1854 (y compris 11,789 hectolitres, représentant les qualités annuellement consommées aux barrières par les habitants de Paris).....	»	»	»	»	151.804

En répartissant ces quantités entre les habitants de tout âge et de tout sexe, on obtient pour chacun la part suivante :

(1) *Les Consommations de Paris*, 1856, p. 216.

Consommation moyenne de chaque habitant de Paris en bières de toute espèce, de 1781 *à* 1786 *et de* 1821 *à* 1854.

PÉRIODES.	CONSOMMATION MOYENNE DE CHAQUE HABITANT.	
	Par an.	Par jour.
	litr.	litr.
De 1781 à 1786, moyenne de 6 ans.....	8,96	0,002
De 1821 à 1830, moyenne de 10 ans....	18,64	0,051
De 1831 à 1840, moyenne de 10 ans....	13,52	0,037
De 1841 à 1850, moyenne de 10 ans....	11,84	0,032
De 1851 à 1854, moyenne de 4 ans.....	13,29	0,036
De 1851 à 1854 (y compris la consommation du Parisien aux barrières).....	14,41	0,039

D'après Girardin (1), la consommation de la bière à Paris aurait encore augmenté depuis 1854 et se serait élevée en 1858 à 300,170 hectolitres.

IV. — DE LA BIÈRE AU POINT DE VUE PHYSIOLOGIQUE, HYGIÉNIQUE ET MÉDICAL.

Lorsqu'on veut examiner la bière au point de vue physiologique et hygiénique, on doit chercher d'abord à se rendre compte du rôle que jouent les principaux éléments qui la composent, et des propriétés qu'ils peuvent lui communiquer.

La bière doit à la forte proportion d'eau qu'elle contient, la propriété d'apaiser la soif. Par son alcool, elle est stimulante : par son acide carbonique, elle est rafraîchissante : elle partage du reste cette propriété avec les eaux minérales acidules tant naturelles qu'artificielles. Mais comment se fait-il que l'acide carbonique qui, lorsqu'il est mélangé en certaines proportions à l'air que nous respirons, présente des propriétés si délétères,

(1) *Leçons de chimie élémentaire appliquée aux arts industriels*, 4e édition, t. II, p. 345, 1861.

peut, dans le cas qui nous occupe, exercer une action salutaire? Cela tient à ce que, dans le premier cas, l'acide carbonique passe par les voies respiratoires, tandis que, dans le second cas, c'est sur les voies digestives qu'il agit : il exerce alors sur l'estomac une action favorable à la digestion. En outre, sa présence contribue, avec la petite quantité d'acide organique libre, à maintenir en dissolution le phosphate de chaux contenu dans la bière et à permettre son assimilation. Une expérience déjà ancienne de M. Dumas nous a en effet appris que des lames d'ivoire renfermées dans de l'eau de Seltz s'y ramollissent en vingt-quatre heures et abandonnent tout leur phosphate de chaux à cette eau acide et que, par conséquent, l'acide carbonique jouit comme les autres acides de la propriété de maintenir le phosphate de chaux en dissolution. Mais, comme d'autre part, la bière ne contient pas à beaucoup près la quantité de phosphates que peut dissoudre la quantité d'acide carbonique qui s'y trouve, on conçoit qu'elle peut contribuer à favoriser la dissolution du phosphate de chaux que contient l'urine dans la gravelle et à déterminer son évacuation.

Toutefois de nouvelles expériences sont nécessaires pour confirmer l'explication que nous donnons ici des effets salutaires de la bière dans la gravelle, et du reste nous n'entendons pas dire par là que quelques-uns des autres éléments de la bière ne peuvent pas concourir aussi aux bons résultats que donne son emploi dans ce cas : mais nous pensons que l'acide carbonique est un des éléments dont la présence exerce dans ce cas un effet salutaire, et nous voulons seulement attirer l'attention sur un fait qui nous a paru présenter quelque utilité au point de vue de la thérapeutique.

La bière est en outre une boisson essentiellement nutritive (p. 1), et nous croyons que la forme liquide sous laquelle les matières alimentaires se présentent dans la bière, en facilite la digestion.

Parmi les substances douées de propriétés nutritives que contient la bière, nous rangerons non-seulement les matières dextrinées et sucrées et les matières albumineuses, mais aussi les phosphates et les sels que la bière contient et dont l'utilité pour l'organisme ne peut pas être méconnue (p. 2 et p. 351). On sait en effet que les os contiennent une forte proportion

de phosphate de chaux. Peut-être la forte proportion de phosphates que contient la bière, devrait-elle faire préférer cette boisson dans les cas de tendance au ramollissement des os : peut-être même pourrait-on faire prendre dans ce cas au malade une bière dans laquelle on aurait introduit artificiellement une certaine quantité de phosphate de chaux : on sait en effet, par des expériences anciennes confirmées par des travaux plus récents, quel heureux résultat on a pu tirer de l'ingestion du phosphate de chaux en pareil cas.

Considérée au point de vue de son pouvoir nutritif, la bière nous paraît donc jouer le rôle d'un aliment complet : en effet elle contient : 1° des aliments de calorification (glucose, dextrine, alcool, matière grasse) ; 2° des aliments azotés ou plastiques (substances albumineuses); 3° enfin des aliments minéraux (phosphates et autres combinaisons salines).

Le reproche qu'on lui adresse généralement de prédisposer à un embonpoint excessif, en admettant qu'il fût fondé, serait une preuve de son pouvoir nutritif.

Il nous reste encore à examiner les propriétés spéciales que la bière doit à la présence des principes qu'elle emprunte au houblon et spécialement du principe extractif du houblon. Cela paraît être surtout à ce principe que le houblon doit son action physiologique (p. 79). Sa présence communique à la bière une saveur amère : elle la rend tonique ; mais en outre elle lui donne des propriétés anti-aphrodisiaques qui ne paraissent pas douteuses : on sait en effet, par les expériences de M. Page de Philadelphie et par celles de M. Zambaco, que le principe extractif du houblon, spécialement lorsqu'il est à l'état de teinture, exerce une action anti-aphrodisiaque bien marquée : la présence de l'alcool dans la bière nous rapproche donc du cas où l'action du principe extractif du houblon est la plus prononcée.

On a attribué à ce principe extractif un pouvoir narcotique comme celui de l'opium ou stupéfiant comme celui du hatschich; mais les raisons sur lesquelles on s'appuie, ne me paraissent nullement démonstratives.

Ajoutons ici que la présence de l'huile essentielle du houblon dans la bière contribue à lui communiquer sa saveur spéciale.

Nous avons fait observer p. 78 que Wagner et de Bibra,

dans des expériences qu'ils ont faites sur les animaux, n'ont pas trouvé à cette huile essentielle les propriétés narcotiques qu'on lui attribuait.

La bière est donc une boisson saine (1) dont l'usage journalier doit être préconisé surtout dans les localités où il ne pousse pas de vigne et où par suite le vin se trouve d'un prix trop élevé pour être à la portée de tous. Dans tous les pays, elle peut être utilement employée comme boisson rafraîchissante pendant les chaleurs de l'été.

Les avantages que peut présenter l'usage de la bière dans le régime alimentaire journalier, étaient déjà connus des anciens. L'école de Salerne en fait le plus grand éloge (2).

La bière, qui me plaît, n'a point un goût acide.
Sa liqueur offre à l'œil une clarté limpide.
Faite de grains bien mûrs, meilleure en vieillissant,
Elle ne charge point l'estomac faiblissant;
Elle épaissit l'humeur, dans les veines serpente
En longs ruisseaux de sang, nourrit la chair, augmente
La force et l'embonpoint, l'urine accroît son cours,
Et du ventre amolli se gonflent les contours.

A une époque plus récente, Murray, Franck et beaucoup d'autres ont émis sur l'usage de la bière une opinion également favorable. L. Lemery (3) la considérait comme très-salutaire. Dans ces derniers temps, Michel Lévy et Fonssagrives l'ont également préconisée.

(1) Il est bien entendu que la bière n'est une boisson saine qu'à la condition d'être bien préparée et de ne pas être falsifiée, surtout au moyen de substances nuisibles : parmi ces substances, nous avons rangé avec raison le plomb, le cuivre et le zinc en faisant observer que la présence de ces métaux vient presque toujours des tuyaux et autres appareils métalliques dont on se sert dans la fabrication de la bière : et nous pensons avec M. Vernois « qu'il « faut se servir préférablement de tuyaux en étain qui ne contiendront pas « plus de 16 p. 100 de plomb. Ils seront assujettis par les soins du fabricant au « contrôle du titre exigé pour les mesures de capacité. Néanmoins, les indus- « triels restent libres de choisir, pour leurs tuyaux telle matière inoffensive « qu'ils jugeront convenable : gutta-percha, caoutchouc, tuyaux collodionnés, « tuyaux de plomb étamés. » (*Traité pratique d'hygiène industrielle et administrative comprenant l'étude des établissements insalubres, dangereux et incommodes*, Paris, 1860, t. I, p. 301.)

(2) *L'École de Salerne*, trad. en vers français par M. Ch. Meaux Saint-Marc, Paris, 1861, p. 39.

(3) *Traité des aliments*, 1702-1705, p. 499.

Prise pendant le repas, soit seule, soit additionnée d'un peu d'eau, la bière, d'après Michel Lévy (1), excite la chymification; prise en quantité plus grande, elle active la sécrétion urinaire, l'exhalation cutanée, les sécrétions muqueuses, et principalement celles du conduit intestinal, de l'urètre et du vagin.

Dans l'hygiène des malades et des convalescents, la bière rend des services non moindres que dans l'hygiène ordinaire. Boerhaave, Stoll et Cullen en ont recommandé l'usage dans diverses maladies : mais nul ne l'a préconisée plus que Sydenham qui utilisait surtout la petite bière et la prescrivait dans presque toutes les maladies aiguës telles que les fièvres, la variole, la rougeole anomale, etc.; il faisait prendre de la bière forte pour remplacer le vin à ceux de ses malades qui étaient peu aisés. Il recommandait l'usage de la bière dans l'hématurie et surtout dans la gravelle et dans la goutte.

La bière a spécialement été prescrite dans la gravelle tant comme moyen préservatif que comme moyen curatif. On avait déjà observé depuis longtemps que la pierre est moins commune dans les pays où l'on boit de la bière, que dans ceux où l'on fait usage du vin et du cidre. Abraham Cyprianus, lithotomiste très-distingué du quinzième siècle, faisait déjà remarquer que, sur quatorze cents malades qu'il avait opérés de la taille, il en avait trouvé plusieurs adonnés au vin et pas un seul à la bière. *Ne unum quidem cerevisiæ deditus.* Le docteur Wauters assure que, dans une pratique très-étendue à Wetteren et dans les environs, il n'a rencontré pendant un espace de vingt-quatre ans que six personnes incommodées de la gravelle; encore affirme-t-il qu'elles étaient étrangères au pays et qu'elles buvaient habituellement des bières blanches très-lourdes, bien inférieures à la bière d'orge désignée dans le pays sous le nom d'uytzet. John Sinclair dit aussi que dans le comté de Fife en Écosse, la pierre et la gravelle sont des maladies extrêmement rares, ce que l'on attribue à l'usage journalier que font tous les habitants, d'une sorte de bière légère, mais très-pure et très-douce : on a observé aussi que l'on ne rencontrait jamais ces maladies parmi les gens employés dans les grandes brasseries. Quelques auteurs ont attribué une partie

(1) *Traité d'hygiène publique et privée*, t. II, p. 57.

de ces bons effets au houblon dont les propriétés diurétiques ont été très-exaltées: Ray assure particulièrement que les calculeux sont moins communs à Londres, depuis qu'on y fait un si grand usage du houblon dans la préparation de la bière.

Nous avons déjà fait remarquer précédemment que l'acide carbonique pouvait contribuer aux résultats favorables que donne la bière en pareil cas.

La bière paraîtrait donc être un excellent préservatif contre la gravelle : quelques auteurs l'ont en outre considérée comme moyen curatif. Magendie (1) la prescrit pure ou étendue d'eau; Ségalas assure qu'elle favorise l'évacuation des calculs de phosphate calcique.

Les bières légères peu houblonnées, comme quelques espèces d'ales anglaises, ont été aussi recommandées comme très-bonnes pour les personnes qui sont menacées de phthisie, surtout lorsqu'elles sont d'un tempérament sec et bilieux, ou sanguin et irritable : ces bières calment l'inflammation lorsque la maladie est arrivée à un certain degré, ou contribuent dans l'origine à la prévenir; elles sont aussi adoucissantes et pectorales que les décoctions d'orge, beaucoup plus faciles à digérer et moins débilitantes, à cause du principe amer qu'elles contiennent : elles doivent aussi une partie de leurs propriétés à l'acide carbonique qui s'en dégage. La bière d'Ashbarton, dans le Devonshire, jouissait, suivant John Sinclair, d'une grande réputation pour ces maladies. Dans l'Artois, on guérit, dit-on, la plupart des bronchites commençantes en prenant le soir, au moment de se coucher, un verre de bière chaude et sucrée.

Michel Lévy (2) dit que, d'après sa propre expérience, les bonnes petites bières de Paris produisent des effets étonnants dans certaines inflammations chroniques du poumon et surtout de l'estomac : cette boisson est préférable à toutes les autres vers la fin des gastrites chroniques et dans les cardialgies qui dépendent de cette cause.

Suivant Fonssagrives (3), la bière est aujourd'hui très-employée dans le régime des convalescents, principalement dans

(1) *Dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques*, article *Gravelle*, t. XIX, p. 237.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Hygiène alimentaire des malades et des convalescents*, Paris, 1861, p. 39.

le nord, où l'usage habituel que l'on fait de cette boisson dans le régime journalier, est une raison de plus qui légitime son emploi. A Paris, on ne prescrit guère aux malades que la bière double, plus rarement la bière blanche. Elle est rarement donnée pure à titre de boisson : le plus ordinairement, on la coupe par moitié avec de l'eau ou avec une décoction amère.

Nous ne devons pas omettre de faire remarquer ici qu'une bière peu mousseuse et légère convient très-bien aux nourrices.

La bière a en outre été recommandée comme un remède contre le scorbut.

L'action dissolvante que la bière exerce sur beaucoup de substances médicamenteuses et qu'elle doit tant à son eau qu'à son alcool, l'a fait utiliser pour la préparation de brutolés ou bières médicamenteuses.

L'absinthe, les bourgeons de sapin, le cochléaria, le genièvre, le gingembre (en Angleterre où il entre comme principe constituant de la boisson connue sous le nom de *Gingerbeer*) sont, suivant Fonssagrives, les substances que l'on fait le plus ordinairement macérer dans la bière.

Nous ferons remarquer ici que le brutolé de quinquina peut rendre d'utiles services dans les pays où le vin est fort cher et peut dans quelques cas être prescrit avec avantage à des individus pour lesquels l'usage du vin présenterait des inconvénients.

Ajoutons enfin que la bière a donné dans certains cas de bons résultats comme médicament externe; son action se rapproche dans ce cas jusqu'à un certain point de celle du vin, et elle est d'autant plus énergique que la bière est plus forte. On l'a employée tantôt seule, tantôt unie à d'autres substances qui modifiaient ses propriétés (1).

Nous rappellerons ici ce que nous avons dit p. 79 du peu de valeur des raisons sur lesquelles on s'appuie pour considérer l'infusion de houblon appliquée à froid sur la peau comme diurétique et la même infusion appliquée à chaud comme diaphorétique.

Relativement à l'hygiène navale, nous croyons avec

(1) *Dictionnaire des sciences médicales*, t. III, p. 124.

M. Fonssagrives (1) que la fabrication des bières nautiques est d'un trop grand intérêt hygiénique pour qu'on doive s'en tenir aux essais incomplets qui ont été faits jusqu'ici et qu'il serait fort heureux que l'on pût introduire cet élément de variété dans l'alimentation si restreinte du marin.

La bière, qui est en général une boisson bienfaisante, rafraîchissante et nutritive en même temps, qui produit dans la plupart des cas des effets salutaires, peut cependant, surtout lorsqu'on en fait un usage immodéré, déterminer tous les accidents que produit l'abus des boissons alcooliques et à un degré d'autant plus prononcé qu'elle contient plus d'alcool. De nombreux travaux ont été publiés sur ce sujet; nous citerons notamment celui de Ch. Roesch (2). Nous ferons toutefois observer ici que, dans notre opinion, les parties constituantes autres que l'alcool qui sont contenues dans la bière, doivent déterminer dans l'ivresse produite par cette boisson certains phénomènes spéciaux qui distinguent cette ivresse de celle produite par le vin.

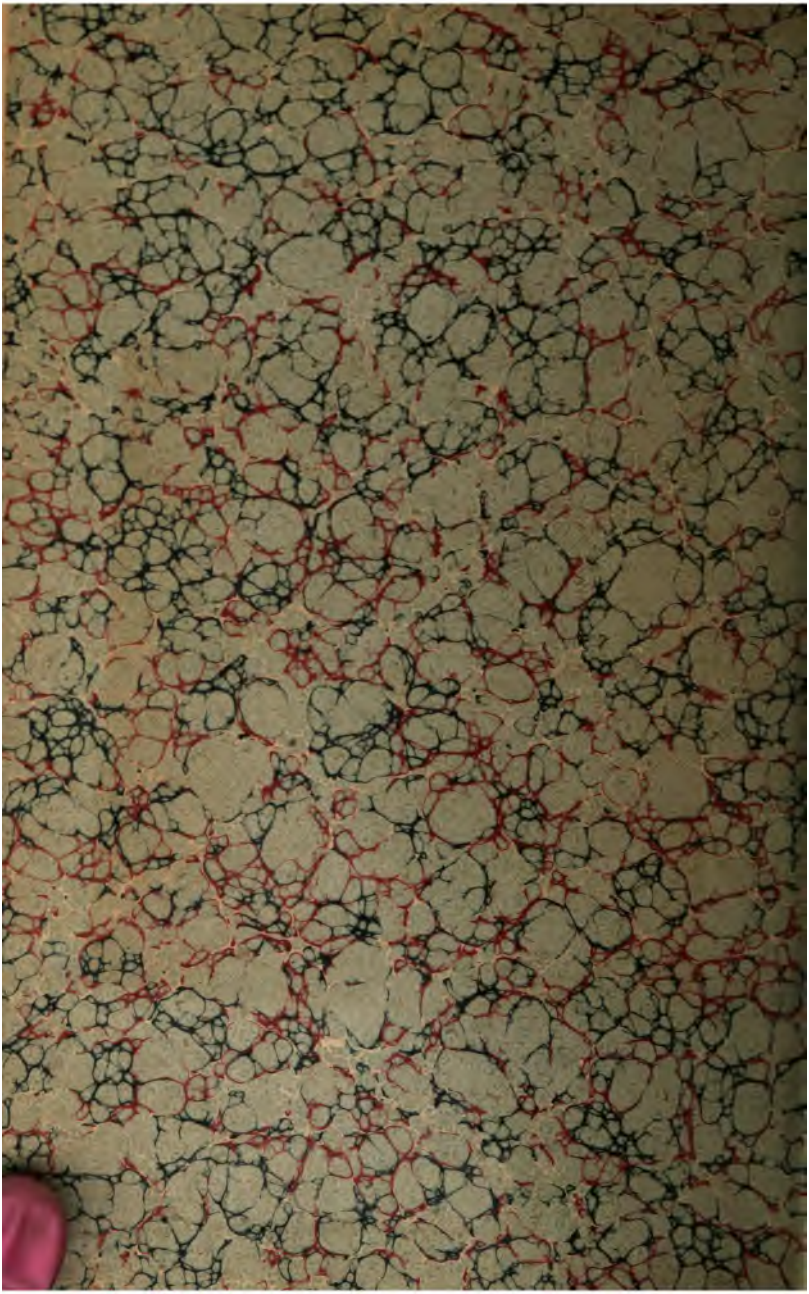
(1) *Traité d'hygiène navale*, p. 525.

(2) *De l'abus des boissons spiritueuses*, Paris, 1839 (*Annales d'hygiène*, t. XX).

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

Préface de l'auteur pour l'édition française V
Bibliographie VII
Généralités 1
Chapitre premier. De la composition des différentes sortes de grains employés a la préparation de la bière 8
I. Orge 20
II. Froment 36
III. Examen comparatif de l'orge et du froment 43
Chap. II. Du houblon 67
Chap. III. De l'eau 82
Chap. IV. Maltage ou préparation du malt 86
Humidité 87
Chaleur 89
Air 89
I. Orge 118
II. Froment 121
III. Seigle 122
IV. Avoine 123
Diastase 151
Chap. V. Dessiccation du malt 180
Chap. VI. Empatage 203
Chap. VII. De la cuisson de mout 244
Chap. VIII. Du refroidissement du mout 253
Chap. IX. Fermentation du mout 263
Fermentation superficielle 281
Fermentation par dépôt 283
Chap. X. De la fermentation complémentaire 305
Chap. XI. De la fermentation tertiaire 313
Chap. XII. Des altérations de la bière 317
Bières aigres 317
Bières plates 318
Bières filantes 319
Bières moisies 319



FEB 17 1899

AUG 30 1904

Chem 7888.61
De la Biere, sa composition chimiq
Cabot Science 003425333
3 2044 091 950 444